



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA:
ESTUDIO DE LA ADHESIÓN A DIFERENTES SUSTRATOS
DENTALES Y LIBERACIÓN DE FLUORURO

D.^a Pilar Cereceda Villaescusa

2024



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA: ESTUDIO
DE LA ADHESIÓN A DIFERENTES SUSTRATOS DENTALES Y
LIBERACIÓN DE FLUORURO

Autor: D.^a Pilar Cereceda Villaescusa

Director/es: D. Antonio J. Ortiz Ruiz y
D.^a Inmaculada Cabello Malagón



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Pilar Cereceda Villaescusa

doctorando del Programa de Doctorado en

Ciencias de la Salud

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA: ESTUDIO DE LA ADHESIÓN A DIFERENTES SUSTRATOS DENTALES Y LIBERACIÓN DE FLUORURO

y dirigida por,

D./Dña. Antonio José Ortiz Ruiz

D./Dña. Inmaculada Cabello Ruiz

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:

- La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 17 de septiembre de 2024

Fdo.: Pilar Cereceda Villaescusa

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

Documento firmado el

17-09-2024 11:06:23 UTC por el usuario pccerevil@hotmail.com		Información básica sobre protección de sus datos personales aportados
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es	
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos	
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad	
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos	
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia	



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

D. Antonio José Ortiz Ruiz, Profesor Titular de Universidad del Área de Estomatología en el Departamento de Dermatología, Estomatología, Radiología y Medicina Física, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada " Ionómeros de vidrio modificados con resina: estudio de la adhesión a diferentes sustratos dentales y liberación de fluoruro", realizada por D^a. Pilar Cereceda Villaescusa, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 6 de Septiembre de 2024

ORTIZ RUIZ
ANTONIO
JOSE -
[REDACTED]

Firmado digitalmente por
ORTIZ RUIZ
ANTONIO JOSE -
[REDACTED]
Fecha: 2024.09.06
23:27:06 +02'00'



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

D^a. Inmaculada Cabello Malagón, Doctora de Universidad del Área de Estomatología en el Departamento de Estomatología, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada " Ionómeros de vidrio modificados con resina: estudio de la adhesión a diferentes sustratos dentales y liberación de fluoruro", realizada por D^a. Pilar Cereceda Villaescusa, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 7 de Septiembre de 2024

CABELLO
MALAGON
INMACULADA

Firmado digitalmente
por CABELLO
MALAGON
INMACULADA -

Fecha: 2024.09.07
12:35:33 +02'00'

“El pesimista se queja del viento, el optimista espera que cambie, el realista ajusta las velas” (William Geord Ward)

Me gusta porque define cómo estás dispuesto a afrontar los retos que te propone la vida, puedes verlos pasar o trabajar duro para conseguirlos.

Esta tesis doctoral es, por ahora, el mayor reto académico al que me he enfrentado y, no tanto la parte de laboratorio que ha supuesto muchísimas horas de trabajo, como el enfrentarse a estar solo delante de un ordenador tantas horas a un nivel de concentración tan alto.

Hoy admiro más a todas las personas que dedican su vida a este trabajo, la investigación, y si encima está acompañado de docencia la admiración se multiplica. Una docencia de calidad, como la que he recibido en esta etapa de mi vida, una docencia motivadora y enriquecedora que en mi caso lidera el doctor Antonio José Ortiz Ruiz, al que conocí por querer profundizar en el campo de la odontopediatría haciendo el Máster Propio de Integrada Infantil de la Universidad de Murcia. En la entrevista me preguntaron, qué quieres aprender aquí y mi respuesta fue, saber sobre los ionómeros de vidrio, aprender sobre materiales que pueda usar en niños y aquí me veo unos años después... con una tesis que estudia los ionómeros de vidrio y su aplicación en la odontología pediátrica.

Gracias a este Máster he conocido a todo un equipo de docentes que me enriquecen igual de manera personal que profesional, Yolanda Martínez, Clara Serna, Amparo Pérez y la última incorporación Inmaculada Cabello que conocí directamente como codirectora de mi tesis y con la que he pasado muchísimas horas de laboratorio trabajando y disfrutando de su extraordinaria personalidad, cómo no iba a encajar en el equipo, te ayuda en todo, con una sonrisa, siempre dispuesta y sin contradecir tus decisiones, sutilmente te ayuda a buscar el mejor camino.

La motivación y el saber transmitir todo lo que se puede aprender y lo que te puede enriquecer a nivel profesional y personal es una virtud y no todos los docentes la tienen, por suerte mi director de la tesis, Antonio, sí las tiene, pero su principal cualidad para mí, es cómo ve a las personas que le rodean, y es que sólo ve las cosas buenas de las personas, sus mejores cualidades y es genial sentirlo en uno mismo pero aún es mejor cuando te hace descubrir las cosas maravillosas de la gente que hay alrededor.

En esta etapa de tesis han ocurrido muchas cosas a nivel personal, múltiples tratamientos de fertilidad con todas sus cargas hormonales y el resultado positivo del mismo, un bebé, Jaime, que nos ha acompañado en la fase final de este trabajo y que se ha convertido en un motor extra para mi vida.

Mi vida en la que siempre he estado acompañada por mi familia, mi hermana Cristina, mi mejor amiga y mi paño de lágrimas, de alegrías, de preocupaciones, de estrés, de vida... Mis padres que siempre me han apoyado en mi formación, que

estudiara lo que quisiera, ¿odontología?, claro, tiene que ser en una privada, claro, y ellos haciendo todos los esfuerzos económicos y motivacionales necesarios para que fuera así.

Mi compañero de viaje, 20 años de David en mi vida, y que sean 20 más por favor.

Mis amigos y familia que resumo en mis grupos de WhatsApp, “jetes”, “de boda y de titas”, “pizza de zanahoria” y “Mar de Cristal”, no son los únicos. Algunos de ellos siendo una gran inspiración en esto de hacer una tesis doctoral, ...o dos

TREES, mi gran proyecto profesional, 10 años ya, una clínica dental donde poder poner en práctica todo lo que sé, con los mejores profesionales alrededor, mis socios. Un proyecto que nació de la necesidad de hacer las cosas a nuestra manera, nuestra mejor manera. Isabel Canales, Álvaro Hernández y Gonzalo García, los mejores compañeros posibles para el mejor equipo posible con nuestras chicas, (V, E...) las más profesionales y dedicadas.

A todos ellos quiero agradecerles acompañarme en este proceso y les dedico mi trabajo.

IONÓMEROS DE VIDRIO MODIFICADOS CON RESINA: ESTUDIO DE LA ADHESIÓN A DIFERENTES SUSTRATOS DENTALES Y LIBERACIÓN DE FLUORURO

1

Abreviaturas:

- AAS:** (Atomic absorption spectrometry) Espectrometría por absorción atómica
AG: Anestesia general
ART: Atraumatic Restoration Treatment
Ca, Ca²⁺: Calcio, ion calcio.
CCI: Caries Care International
CIV: Cemento de ionómero de vidrio
CIVMR: Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina
ECC: Caries de primera infancia
F: Flúor
ICCMS: International Caries Classification and Management System
ICDAS: International Caries Detection and Assessment System
ICP-MS: (Inductively coupled plasma mass spectrometry) Espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente
MPa: Megapascales
N: Newton
NRCC: Non-restaurative Caries Control (Control de caries no restaurador)
OMI: Odontología Mínimamente Invasiva
P, PO₄³⁻: Fósforo, ion fosfato
RFC: Resistencia a las fuerzas de Cizalla
RRCC: Resinas compuestas
UV: Ultravioleta
Vs: Versus (frente a)

Í N D I C E

1. RESUMEN / ABSTRACT

2. JUSTIFICACIÓN

3. INTRODUCCIÓN

3.1 CARIES

3.1.1. Definición de caries y prevalencia

3.1.2. Fisiopatología de la caries

3.1.3. Caries de infancia temprana

3.1.4. Métodos de diagnóstico y evaluación de riesgo de caries

3.2. TRATAMIENTO DEL PACIENTE ODONTOPEDIÁTRICO

3.2.1. Manejo psicológico

3.2.2. Sedación vs. manejo no farmacológico

3.2.3. Tratamiento restaurador y preventivo

3.3. ODONTOLOGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

3.3.1. Definición y conceptos en Odontología mínimamente invasiva

3.3.2. Tratamiento restaurador atraumático

3.3.3. Tratamiento de la lesión de caries en dentición temporal

3.4. MATERIALES EN ODONTOLOGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

3.4.1. Cementos de ionómero de vidrio

3.4.2. Otros materiales

3.4.3. Selección del material

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis

4.2 Objetivo general

4.3 Objetivos específicos

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Dientes

5.2. Grupos experimentales

5.3. Desmineralización del esmalte

- 5.4. Exposición de la dentina
- 5.5. Procedimientos restauradores
- 5.6. Inmersión en saliva
- 5.7. Test de resistencia a las fuerzas de cizalla
- 5.8. Tipos de fracturas
- 5.9. Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo
- 5.10 Liberación de fluoruro
- 5.11. Análisis estadístico

6. RESULTADOS

- 6.1. Resistencia a las fuerzas de cizalla
 - 6.1.1 Análisis 24 horas
 - 6.1.2 Análisis 1 mes
 - 6.1.3 Análisis 3 meses
- 6.2 Análisis factorial
 - 6.2.1 Sustrato vs tiempo
 - 6.2.2 Sustrato vs material
 - 6.2.3 Tiempo vs material
- 6.3 Tipos de fracturas
- 6.4 Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo
- 6.5 Análisis de liberación de fluoruro
 - 6.5.1 Tasa de liberación acumulada de fluoruro
 - 6.5.2 Tasa de liberación de fluoruro diaria

7. DISCUSIÓN

- 7.1. Discusión del método
- 7.2. Discusión de los resultados

8. CONCLUSIONES

9. BIBLIOGRAFÍA

10. ANEXOS

- 10.1 Informe del Comité de Bioseguridad en Experimentación

1. RESUMEN

Introducción. La caries en dentición temporal es un problema mundial. Para el tratamiento restaurador de las lesiones cavitadas se han utilizado tradicionalmente las resinas compuestas (RRCC). Sin embargo, éstas son materiales muy sensibles a la humedad con dificultad de uso en pacientes pediátricos sin sedación. La odontopediatria ha evolucionado hacia tratamientos con manejo de la conducta de los niños y con criterios de odontología mínimamente invasiva (OMI). Se realizan restauraciones eliminando la menor cantidad posible de tejido dentario, dejando esmalte desmineralizado y dentina afectada por caries con potencial de remineralización y se reparan las restauraciones defectuosas para mantener la integridad del tejido dentario. Para cumplir estos requisitos existen materiales clásicos como los Cementos de Ionómero de vidrio (CIV) y los cementos de ionómero de vidrio modificados con resina (CIVMR), en los que las propiedades mecánicas y estéticas han sido mejoradas.

4

Objetivo. El objetivo de nuestro estudio fue comparar la adhesión cinco CIVMR (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux® y GC Fuji II LC.) sobre esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana y la liberación de fluoruro de los materiales.

Material y Métodos. En esta investigación se emplearon 1035 incisivos inferiores de origen bovino que se dividieron en 45 grupos experimentales de 23 dientes cada uno. Los grupos se distribuyeron atendiendo a los factores del estudio: tiempo (24 horas, 1 mes y 3 meses), sustrato (esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana) y material (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®). En los grupos de esmalte desmineralizado, los dientes se sumergieron durante 48 horas en una solución desmineralizante y la exposición de la dentina se realizó de manera manual con turbina.

La superficie dentaria en los grupos restaurados con Vitremer®, Riva LC, Ionolux® y GC Fuji II LC® fue preparada con ácido poliacrílico y en los restaurados con ACTIVA BioACTIVE Restorative con ácido ortofosfórico al 37% y Prime & Bond Active™. Los materiales se colocaron en tubos de polietileno de 3mm de diámetro y 4 mm de altura, se fotopolimerizaron y se recubrieron con Finishing Gloss Vitremer®. Se mantuvieron en saliva artificial a 37°. 20 muestras de cada grupo fueron sometidas a un test de resistencia a las fuerzas de cizalla (RFC) usando una cabeza de carga de 1kN a una velocidad de 1 mm/s. Tras el descementado, se analizaron los tipos de fractura con un estereomicroscopio. 3 muestras fueron embebidas en resina epoxi y cortadas en láminas para su observación en el microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (FESEM).

Se prepararon muestras de cada material y se sumergieron en agua destilada a 37°C para medir la tasa de liberación acumulada de fluoruro a las 24horas, 48 horas, 7 días, 14 días y 30 días y la tasa de liberación diaria de fluoruro. La medición del ion fluoruro se realizó con un electrodo ion específico.

Resultados. En los 3 sustratos los mayores valores de RFC los presentó el ACTIVA BioACTIVE Restorative (en esmalte sano a 24 horas $23,42 \pm 6,10$ MPa; en dentina sana a 3 meses $17,04 \pm 5,89$ MPa) con diferencias estadísticamente significativas respecto de los demás materiales. Vitremer® presentó los menores valores de RFC (en el esmalte desmineralizado a 1 mes $4,10 \pm 4,63$ MPa; en el esmalte desmineralizado a 24 horas $4,63 \pm 5,07$ MPa) presentando diferencias estadísticamente significativas frente al resto. La mayoría de las fracturas fueron adhesivas en todos los materiales.

Vitremer® y Ionolux® fueron los materiales que presentaron mayor tasa de liberación de fluoruro acumulado en todos los tiempos estudiados. ACTIVA BioACTIVE Restorative tiene una liberación pequeña y mantenida en el tiempo y Vitremer® e Ionolux® presentaron una gran liberación inicial que se incrementó continuamente hasta los 30 días. Riva LC GC y Fuji II LC® presentaron un comportamiento intermedio. Los CIVMR que presentaron mayor tasa de liberación fluoruro diaria fueron Vitremer® ($225,30$ ppm/g) e Ionolux® ($207,59$ ppm/g) a las 24 horas. Le siguieron GC Fuji II LC® ($93,31$ ppm/g), Riva LC ($39,00$ ppm/g) y ACTIVA BioACTIVE Restorative ($10,50$ ppm/g). La tasa de liberación diaria fue reduciéndose con el paso del tiempo.

Conclusión. El material que mejor adhesión presentó en todas las superficies y tiempos estudiados fue ACTIVA BioACTIVE Restorative, que presentó las interfases morfológicamente más uniformes. El envejecimiento de la restauración por el tiempo mejoró los valores de adhesión en esmalte sano y desmineralizado y el material que presentó el mejor comportamiento fue el ACTIVA BioACTIVE Restorative. ACTIVA BioACTIVE Restorative sería el material recomendado para usar en dientes tratados con OMI, con márgenes de la restauración esmalte sano y desmineralizado.

Todos los CIVMR liberaron fluoruro de manera continua, con un pico a las 24 horas. Vitremer® produjo la mayor tasa acumulada durante los 30 días, e Ionolux® obtuvo las mayores tasas de liberación diaria mantenidas en el tiempo. ACTIVA BioACTIVE Restorative liberó una cantidad pequeña y mantenida de fluoruro.

Palabras clave

Resistencia a las fuerzas de cizalla, Cemento de ionómero de vidrio modificado con resina, microscopía electrónica de barrido de emisión de campo, FESEM, ion fluoruro, Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux® y GC Fuji II LC.

1. ABSTRACT

Introduction. Caries in primary dentition is a worldwide problem. Composite resins (RRCC) have traditionally been used for restorative treatment of cavitated lesions. However, these are very moisture-sensitive materials that are difficult to use in pediatric patients without sedation. Pediatric dentistry has evolved towards treatments that manage children's behavior and with minimally invasive dentistry (MID) criteria. Restorations are made by removing the least possible amount of dental tissue, leaving demineralized enamel and dentin affected by caries with remineralization potential, and defective restorations are repaired to maintain the integrity of the dental tissue. To meet these requirements, there are classic materials such as glass ionomer cements (GIC) and resin-modified glass ionomer cements (RMGIC), in which the mechanical and aesthetic properties have been improved.

6

Purpose. The aim of our study was to compare the adhesion of five CIVMR (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux® and GC Fuji II LC) on healthy enamel, demineralized enamel and healthy dentin and the fluoride release of the materials.

Material and Methods. In this investigation, 1035 lower incisors of bovine origin were used, which were divided into 45 experimental groups of 23 teeth each. The groups were distributed according to the study factors: time (24 hours, 1 month and 3 months), substrate (healthy enamel, demineralized enamel and healthy dentin) and material (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®). In the demineralised enamel groups, teeth were immersed for 48 hours in a demineralising solution and dentin exposure was performed manually with a turbine.

The tooth surface in the groups restored with Vitremer®, Riva LC, Ionolux® and GC Fuji II LC® was prepared with polyacrylic acid and in those restored with ACTIVA BioACTIVE Restorative with 37% orthophosphoric acid and Prime & Bond Active². The materials were placed in polyethylene tubes with a diameter of 3 mm and a height of 4 mm, light-cured and coated with Vitremer® Finishing Gloss. They were kept in artificial saliva at 37°. 20 samples from each group were subjected to a shear strength test (RFC) using a 1 kN loading head at a speed of 1 mm/s. After debonding, the fracture types were analyzed with a stereomicroscope. Three samples were embedded in epoxy resin and cut into slices for observation under a field emission scanning electron microscope (FESEM).

Samples of each material were prepared and immersed in distilled water at 37°C to measure the cumulative fluoride release rate at 24 hours, 48 hours, 7 days, 14 days and 30 days and the daily fluoride release rate. Fluoride ion measurement was performed with a specific ion electrode.

Results. In the three substrates, the highest RFC values were presented by ACTIVA BioACTIVE Restorative (in healthy enamel at 24 hours 23.42 ± 6.10 MPa; in healthy dentin at 3 months 17.04 ± 5.89 MPa) with statistically significant differences with respect to the other materials. Vitremer® presented the lowest RFC values (in the demineralized enamel at 1

month 4.10 ± 4.63 MPa; in the demineralized enamel at 24 hours 4.63 ± 5.07 MPa) presenting statistically significant differences compared to the rest. Most of the fractures were adhesive in all materials.

Vitremer® and Ionolux® were the materials that presented the highest rate of accumulated fluoride release at all times studied. ACTIVA BioACTIVE Restorative has a small and sustained release over time and Vitremer® and Ionolux® presented a large initial release that increased continuously until 30 days. Riva LC GC and Fuji II LC® presented an intermediate behavior. The CIVMR that presented the highest daily fluoride release rate were Vitremer® (225.30 ppm/g) and Ionolux® (207.59 ppm/g) at 24 hours. GC Fuji II LC® (93.31 ppm/g), Riva LC (39.00 ppm/g) and ACTIVA BioACTIVE Restorative (10.50 ppm/g) followed. The daily release rate decreased over time.

Conclusion. The material that presented the best adhesion on all surfaces and times studied was ACTIVA BioACTIVE Restorative, which presented the most morphologically uniform interfaces. The aging of the restoration over time improved the adhesion values in healthy and demineralized enamel and the material that presented the best performance was ACTIVA BioACTIVE Restorative. ACTIVA BioACTIVE Restorative would be the recommended material to use in teeth treated with OMI, with healthy and demineralized enamel restoration margins.

All CIVMR released fluoride continuously, with a peak at 24 hours. Vitremer® produced the highest cumulative rate over 30 days, and Ionolux® obtained the highest daily release rates maintained over time. ACTIVA BioACTIVE Restorative released a small and sustained amount of fluoride.

Keywords

Shear strength, Resin-modified glass ionomer cement, Field emission scanning electron microscopy, FESEM, Fluoride ion, Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux® and GC Fuji II LC.

2. JUSTIFICACIÓN

La caries es la enfermedad no transmisible más prevalente en todo el mundo en la actualidad, afectando a la dentición temporal de 520 millones de niños. En los molares temporales la progresión de la lesión de caries es más rápida que en los molares permanentes.

La caries de primera infancia (ECC), o aparición temprana de caries en cualquier diente primario de un niño menor de 6 años, es también muy prevalente en todo el mundo y claramente un marcador de alto riesgo de caries. Un problema de la ECC grave, debido a la corta edad de los pacientes y, a menudo, la poca cooperación, es la necesidad de recurrir a tratamientos con anestesia general o sedación profunda, con el riesgo que supone para los niños y enorme gasto económico para los padres o la sanidad pública.

En los niños existen múltiples opciones de tratamiento de las lesiones de caries debido a la erupción de una segunda dentición. El enfoque de la toma de decisiones y el tratamiento final de las piezas temporales está influenciado no sólo por el estado de una sola lesión de caries sino por múltiples factores, entre ellos su comportamiento, que determina en gran medida la selección del material y la técnica a utilizar.

El manejo de la caries dental ha evolucionado desde “extensión para la prevención” a la “mínima invasión”, OMI. Este concepto abarca la detección temprana de lesiones, la evaluación individual del riesgo de caries, las intervenciones no quirúrgicas, y un abordaje quirúrgico modificado que incluye el retraso de la restauración, la realización de preparaciones dentales más pequeñas con diseños de cavidad modificados, el uso de materiales dentales adhesivos y agentes remineralizantes y la reparación en lugar de la sustitución de las restauraciones fallidas. El objetivo es la preservación de la estructura dental natural.

Dentro de esta filosofía OMI se incluye el tratamiento restaurador atraumático (ART), en el que se emplean instrumentos manuales para realizar la apertura de las lesiones de caries cavitadas y eliminar la dentina cariada descompuesta o afectada por caries. Se realiza la restauración con un cemento de ionómero de vidrio de alta viscosidad. La técnica no requiere la utilización ni de equipos dentales conectados a una corriente eléctrica ni de agua corriente.

Los odontopediatras disponen de una amplia gama de materiales para la restauración de las lesiones de caries. La tasa de éxito de una restauración depende de las propiedades del material, el nivel de riesgo de caries, el estado del diente afectado, las características del paciente, la habilidad del odontopediatra en el uso de los materiales y en el manejo del comportamiento del niño.

Las restauraciones de las lesiones proximales en molares temporales son las que mayores índices de fracaso presentan. Las RRCC serían el material de elección en estos casos. Debido a los problemas derivados de la contracción de polimerización y a su alta sensibilidad a la técnica utilizada y a que requieren un protocolo de colocación exigente, se han buscado alternativas en odontopediatría. Los CIVMR serían materiales apropiados ya que son menos sensibles a la manipulación que las RRCC y, además de restaurar la forma y la función de los dientes, liberan fluoruro que prevendría la aparición de nuevas lesiones y ayudaría a remineralizar los sustratos desmineralizados.

Aunque los ensayos clínicos con seguimiento a largo plazo son los estudios de intervención con mayor nivel de evidencia científica, se necesitan estudios *in vitro* para poder controlar la mayor parte de las variables que condicionan las propiedades de los materiales que no se pueden controlar *in vivo*.

Se han publicado numerosos estudios sobre la adhesión de los CIVMR en esmalte sano y en dentina sana y dentina desmineralizada. Sin embargo, no hay ningún estudio publicado sobre la adhesión de estos materiales en esmalte desmineralizado. Las técnicas de mínima intervención respetan el esmalte desmineralizado y los CIVMR deberían ser buenos materiales para tratar este sustrato.

3. INTRODUCCIÓN

3.1 CARIES

3.1.1. Definición de caries y prevalencia

La caries se define actualmente como una enfermedad dinámica, no transmisible, multifactorial, mediada por biopelículas y modulada por la dieta, que resulta en una pérdida neta de minerales de los tejidos duros dentales. Como consecuencia de este proceso, se desarrolla la lesión de caries (Machiulskiene et al., 2020), (Splieth, Banerjee, et al., 2020). Se necesita una interacción entre huésped/diente, sustrato y microbiota. La desmineralización de los tejidos duros dentales que se produce en la caries se debe a la exposición frecuente a azúcar libre de la biopelícula dental, que cambia el equilibrio ecológico hacia una disbiosis cariogénica. Es decir, aunque el diente esté expuesto a bacterias cariogénicas, no desarrollará una lesión cariosa cavitada sin una dieta cariogénica. (Schwendicke et al., 2019). Además, la caries no se puede determinar en un momento puntual, sino monitorizando la lesión a lo largo del tiempo. (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

10

En el último informe de la Organización Mundial de la Salud, año 2020, sobre el estado de salud oral a nivel mundial, que recoge datos de 2019, estima que la caries dental en dentición permanente afecta a 2.029 millones de personas en todo el mundo y la caries en dentición temporal a 520 millones (Jain, Dutt, Radenkov y Jain, 2022), siendo la enfermedad no transmisible más prevalente y ubicua que afecta a la humanidad en la actualidad (Schwendicke et al., 2019).

En España, los datos de la última encuesta de salud oral publicada en 2020 estiman una prevalencia de caries en niños de 5-6 años del 35,5 %, un porcentaje de caries no tratadas de un 28.3% y un índice de restauración de un 27,1% (Bravo Pérez et al., 2020).

Durante la infancia, las superficies oclusales son las más afectadas por lesiones de caries. Chestnutt y cols. (1996) en un estudio sobre susceptibilidad de caries en un grupo de 4294 adolescentes con una edad media de 12,5 años observaron, tras 3 años de seguimiento, una frecuencia del 48% de lesiones en las superficies oclusales, del 39% en las interproximales y un 13% en las superficies lisas. De todas ellas, la mayor contribución al

incremento de lesiones a los 3 años fueron las lesiones interproximales con un 47%. (Chestnutt, Schäfer, Jacobson y Stephen 1996).

En los molares temporales, la progresión de la lesión de caries es más rápida que en los molares permanentes, siendo la progresión de la lesión de caries proximal decreciente con la edad (Splieth, kanzow, Wiegand, Schmoeckel y Jablonski-Momeni 2020).

La ECC es muy frecuente en todo el mundo y claramente un marcador de alto riesgo de caries (Schmoeckel, Gorseta, Splieth y Juric 2020), ya que los niños que experimentan caries en los primeros 5-7 años, generalmente, presentan un aumento de lesiones de caries de la dentición permanente en los siguientes 6 años de desarrollo (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

11

3.1.2. Fisiopatología de la caries

El proceso de la caries se manifiesta como una desmineralización subclínica, primero en forma de lesión inicial y finalmente cavitación. Se define como un continuo desequilibrio entre la desmineralización y la remineralización (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

Cuando el diente erupciona en la cavidad bucal, está en relación con dos fluidos bucales, la saliva y el líquido de la biopelícula, que determinarán el futuro de la estructura mineral de la corona dental. En el pasado se prestaba mayor atención a la composición del esmalte, considerando la posibilidad de tener un “diente más fuerte” y más resistente a cualquier ataque ácido en el entorno bucal. Será, salvo raras excepciones, la composición de los fluidos orales lo que determinará si el esmalte permanecerá en equilibrio con el medio ambiente. La comprensión de este fenómeno depende de un conocimiento básico del principio de Le Chatelier (1850-1936), que puede resumirse como: “si se tensiona un equilibrio, entonces la reacción se desplaza para reducir el estrés”. Dado que las concentraciones de calcio (Ca^{2+}) y fosfato (PO_4^{3-}) en la saliva son fisiológicas y naturales, estas tres condiciones, equilibrio, desmineralización y remineralización, están influenciadas por dos factores, el pH ambiental y la presencia del ion fluoruro (F^-). En términos sencillos, mientras que la disminución del pH del medio ambiente puede considerarse un factor estresante de desequilibrio, la presencia de fluoruro actúa de manera opuesta, reduciendo el impacto del estrés ácido. (Cury, Ricomini-Filho y Tabchoury, 2023).

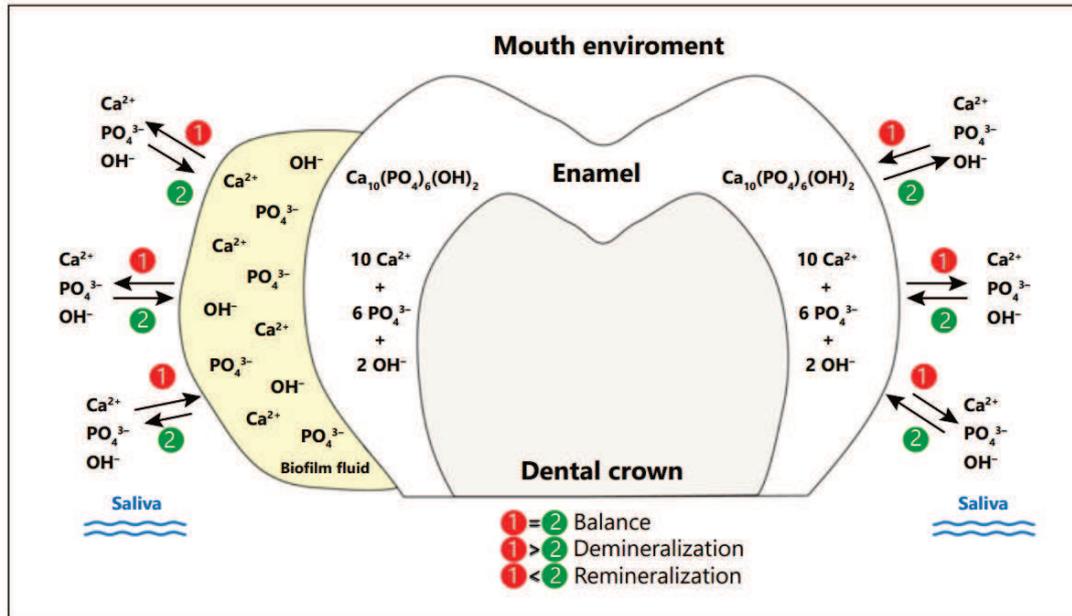


Figura 1: Dinamismo al que se somete la estructura mineral del esmalte en el medio bucal, manteniéndose en equilibrio, perdiendo o, incluso, ganando nuevamente minerales (Cury et al., 2023)

La patogénesis de la caries dental involucra ácidos orgánicos, el subproducto del metabolismo microbiano de los azúcares libres de la dieta. Dicho metabolismo se mide en energía liberada por el enlace de esos azúcares; el enlace que mayor energía libera es el de la sacarosa. Este carbohidrato, la sacarosa, es considerado el más cariogénico ya que, además de ser fermentado por bacterias orales, es sustrato para la síntesis de polisacáridos extracelulares e intracelulares (Paes Leme, Koo, Bellato, Bedi y Cury 2006). Se ha demostrado que el biofilm formado en presencia de sacarosa presenta bajas concentraciones de Ca^{2+} , PO_4^{3-} y F^- que, como se ha mencionado previamente, son iones críticos involucrados en la desmineralización y remineralización del esmalte y la dentina en el medio bucal (Paes Leme et al., 2006).

A medida que el pH de la biopelícula disminuye, alcanza un punto en el que el fluido de la biopelícula en la superficie del diente está subsaturado con respecto al mineral del diente y se produce la disolución para mantener el equilibrio. Inicialmente, la disolución se produce en la superficie del diente, pero, si las condiciones persisten y la lesión se vuelve más extensa, el mineral del esmalte más profundo (y posteriormente la dentina) se perderá (Schwendicke et al., 2019).

3.1.3. Caries de infancia temprana

La ECC es la aparición temprana de caries en niños pequeños (0-6 años), con una progresión a menudo rápida que finalmente puede resultar en la destrucción completa de la dentición temporal. Una definición epidemiológica de la ECC es la presencia de una o más superficies cariadas (lesiones cavitadas o no), ausentes (debido a caries) u obturadas en cualquier diente primario de un niño menor de 6 años (Machiulskiene et al., 2020). La etiología de la ECC es bastante clara: la ingesta elevada de azúcar y la higiene bucal insuficiente o nula, ya que los padres no cepillan o no cepillan lo suficiente, lo que lleva a un atípico patrón de ataque de caries, particularmente en superficies lisas de dientes anterosuperiores en niños pequeños (Machiulskiene et al., 2020) (Schmoeckel et al., 2020).

13

El esmalte del diente temporal contiene una mayor concentración de carbonato que el del diente permanente, lo cual es una de las explicaciones de los datos experimentales in situ que muestran que las lesiones de caries más grandes y rápidas se desarrollan en dientes temporales (Cury et al., 2023).

Muchos estudios indican que la ECC grave puede influir negativamente en la calidad de vida de los niños en edad preescolar, pero afortunadamente mejoran cuando se tratan. Los dentistas se enfrentan a muchos retos al planificar el tratamiento de ECC (grave):

- La morfología de los dientes primarios en comparación con los permanentes es diferente, ya que la cámara pulpar grande y una capa de esmalte-dentina más delgada, hace que la caries progrese más rápido, llegando a pulpa, causando dolor y complicaciones pulpares.
- El dolor y miedo causado por ECC en atención dental de emergencia puede comprometer la futura calidad de vida relacionada con la salud oral del niño.
- Los niños pequeños son inmaduros y, por lo general, no cooperadores. Es posible que se necesite tratamiento farmacológico o anestesia general y un complejo proceso de toma de decisiones, ya que los padres son responsables de cuidar a su hijo.
- La pérdida prematura de dientes primarios anteriores puede causar problemas para comer/morder, así como dificultades en el desarrollo del habla (Schmoeckel et al., 2020).

Las lesiones de caries de infancia temprana suelen tratarse desde varios enfoques, entre ellos el operatorio. En muchas ocasiones son lesiones de gran extensión, con

afectación proximal, lo que nos lleva a tener en cuenta las lesiones secundarias en el futuro, ya que las restauraciones con extensión proximal muestran un mayor riesgo de caries secundarias que las oclusales. Las lesiones secundarias son más frecuentes en pacientes con alto riesgo de caries, en el margen gingival de las restauraciones y en dientes posteriores, y progresan lentamente (Schwendicke et al., 2020).

3.1.4. Métodos de diagnóstico y evaluación de riesgo de caries

Para definir las lesiones de caries nos basamos inicialmente en el sistema International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) para el que se alcanzó un consenso en cómo detectar y evaluar las lesiones y cómo diagnosticar las lesiones de caries, creando un sistema internacional de detección y evaluación de la caries basado en la evidencia. El sistema se desarrolló para facilitar el manejo adecuado de la caries clínica debido a las preocupaciones constantes de que, a pesar de la evidencia, muchos países todavía no estaban listos para pasar del tratamiento quirúrgico al no quirúrgico/preventivo de la caries dental en la práctica clínica.

Otra herramienta para el manejo preventivo de la caries es la guía International Caries Classification and Management System (ICCMS). Esta guía se basó en una versión actualizada del anterior Consenso Internacional ICDAS para 'detección y evaluación', pero que incluía la clasificación de caries y la evaluación del riesgo. CariesCare International (CCI) 4D es, esencialmente, la versión práctica de ICCMS con objetivos compartidos:

- Prevenir que aparezcan nuevas lesiones de caries (prevención primaria).
- Evitar que las lesiones de caries existentes avancen más (prevención secundaria/terciaria).
- Preservar la estructura dental a través de: atención no quirúrgica, atención quirúrgica conservadora, manejo de factores de riesgo, seguimiento y revisión (de Lima Navarro et al., 2021).

CCI Guía al equipo dental a través de un proceso de cuatro pasos (sistema 4D), que lleva a intervenciones personalizadas: 1º D: Determinar el riesgo de caries; 2º D: Detectar lesiones, estadificar su gravedad y evaluar su estado de actividad; 3º D: Decidir el plan de cuidados más adecuado para un paciente específico en ese momento; y, por último, 4º D:

Realizar los cuidados preventivos y de conservación de los dientes que sean necesarios (Martignon et al., 2019).

En este contexto, el riesgo de caries consiste en evaluar la probabilidad de que un paciente desarrolle lesiones cariosas en un futuro cercano y la probabilidad de que haya una progresión de las lesiones si ya están presentes. La evaluación del riesgo de caries también ayuda al equipo dental a comprender por qué el paciente tiene actividad de la enfermedad e informa sobre los cambios que se pueden hacer para mejorar su estado de riesgo. Conocer el riesgo de caries de un paciente ayudará a la toma de decisiones clínicas y permitirá desarrollar un plan personalizado de manejo de caries. La guía práctica de CariesCare utiliza solo dos categorías de riesgo: 'bajo riesgo' y 'alto riesgo', al elegir entre las opciones de manejo de caries.

15

El nivel de riesgo de un paciente se deriva de los antecedentes sociales, médicos, conductuales (higiene oral, dieta, etc.) y dentales anteriores, junto con un examen bucal. El profesional debe sopesar los factores de riesgo y de protección del paciente entre sí para evaluar el riesgo probable de futuras caries. El bajo riesgo es fácil de identificar como la ausencia de factores de riesgo y de lesiones (Martignon et al., 2019).

3.2. TRATAMIENTO DEL PACIENTE ODONTOPEDIÁTRICO

3.2.1. Manejo psicológico

Para tratar al paciente infantil hay que tener en cuenta que la salud bucal y el comportamiento del cuidador tienen una marcada influencia en la salud bucodental de los niños más pequeños. Además, hay que valorar las capacidades de comportamiento. Especialmente, los niños muy pequeños muestran solo una cooperación limitada (Schwendicke et al., 2019), por lo que los tratamientos infantiles se clasificarán según el grado de cooperación en tratamientos para pacientes colaboradores y no colaboradores.

Podemos considerar un tratamiento para pacientes colaboradores las técnicas de orientación del comportamiento, que son:

- Comunicación y orientación comunicativa.

- Decir, mostrar, hacer.
- Orientación del comportamiento no verbal.
- Refuerzo positivo.
- Distracción.
- Control por voz.
- Imágenes positivas previas.
- Observación directa.
- Reestructuración de la memoria (con imágenes y explicando).
- Presencia/ausencia de los padres.
- Escape (contingente o no contingente, parar o parar diciendo: si estás quieto hasta que cuente 10, paramos).
- Desensibilización.

Como tratamientos para pacientes no colaboradores consideramos las técnicas:

- Tratamiento diferido, llamado “vigilancia activa” (cuando el tratamiento se puede posponer un tiempo)
- Sedación consciente con óxido nitroso.
- Estabilización protectora.
- Sedación (premedicación) y anestesia general (AG) (Townsend & Wells, 2019).

3.2.2. Sedación versus (vs.) manejo no farmacológico

Dado que las políticas de sedación son cada vez más complejas, en las próximas décadas será esencial mejorar las habilidades de todos los dentistas y miembros del personal en los mejores métodos de manejo no farmacológico de niños. Los métodos biocomportamentales ganarán protagonismo, junto con mejores habilidades de comunicación del equipo dental. Estos cambios ocurrirán sólo si se dispone de más tiempo y recursos para enseñar a los estudiantes de odontología, a los dentistas y al personal las

habilidades necesarias. Se debe hacer hincapié en la intervención temprana y oportuna; implicación de los padres; comunicación efectiva; competencia cultural; y el concepto de “hogar médico/dental” como métodos para reducir las actitudes y comportamientos dentales negativos de los niños. (Feigal, 2001).

La flexibilidad es una habilidad fundamental en la atención pediátrica porque enseñar sólo uno o dos métodos para hablar con los niños nunca resolverá los problemas de manejo del comportamiento en la clínica dental. Se necesitan muchos y diferentes enfoques para poder comunicarse con la variedad de niños que acuden a la clínica dental (Feigal, 2001).

17

3.2.3. Tratamiento restaurador y preventivo

En los niños, existen múltiples opciones de tratamiento de caries debido a la erupción de una segunda dentición emergente. El enfoque de la toma de decisiones y el tratamiento final está influenciado no sólo por el estado de una sola lesión de caries sino más bien por múltiples factores, particularmente en el caso de ECC o caries en la dentición temporal (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

Los enfoques restauradores convencionales (incluida la eliminación de tejido cariado y las restauraciones directas) tienen mayor riesgo de complicaciones (exposición pulpar y complicaciones restauradoras) en dientes temporales con relación a los permanentes. Además, la detección visual-táctil de lesiones en las superficies proximales de los dientes primarios es difícil debido a las áreas de contacto más amplias. El tiempo hasta la exfoliación y la velocidad de progresión de la lesión de caries puede influir en la decisión sobre el tratamiento de una lesión (Schwendicke et al., 2019). También los primeros molares temporales se exfolian mucho más tarde que los incisivos y tienen una función de mantenimiento de espacio para la dentición permanente (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

Un problema de ECC grave es que, debido a la corta edad y, a menudo, a la poca cooperación, la AG o la sedación se recomiendan para intervenciones dentales invasivas (por ejemplo, obturaciones, terapia pulpar, extracciones), junto con mayores riesgos de los niños y los esfuerzos por las familias, y también el gasto económico (Schmoeckel et al., 2020).

En algunos de estos individuos se elige la sedación o AG para realizar los tratamientos más invasivos (Schwendicke et al., 2019). El tratamiento de la ECC o la caries en niños y adolescentes, en general, se determina no sólo por la profundidad de la lesión, la actividad y la restauración óptima, sino también por factores generales. El objetivo principal no es la restauración de lesiones individuales, sino más bien el control de la actividad general de la caries y la estabilización de la función oral general y el bienestar. Esto puede conducir, por ejemplo, a extracciones de dientes restaurables, para ECC (Splieth, Banerjee, et al., 2020). El comportamiento de los niños determina en gran medida la selección del material y la técnica a utilizar (Ortiz-Ruiz, Pérez-Guzmán, Rubio-Aparicio y Sánchez-Meca 2020).

Las medidas de prevención secundaria siempre deben ser aplicadas al tratar ECC. Las instrucciones de higiene y el asesoramiento dietético son esenciales para el manejo de la caries a nivel del paciente y debe abordarse para obtener efectos a largo plazo. Orientar la conciencia y comprensión de la propia responsabilidad son importantes para una potencial salud oral a largo plazo en los niños, por lo que es claro que, a pesar de otras opciones de manejo, el tratamiento no invasivo debería ser obligatorio para todos los niños con ECC como un enfoque de prevención secundaria (Schmoeckel et al., 2020).

3.3. ODONTOLOGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

3.3.1. Definición y conceptos en Odontología mínimamente invasiva

Existen diferencias sociales, principalmente económicas, en el porcentaje de caries no tratada (Jain, Dutt, Radenkov y Jain, 2022). Con el objetivo de que ese porcentaje disminuya, se propone la OMI, que disminuye el coste del tratamiento dental y facilita la inclusión de la atención dental como parte de la agenda de cobertura universal de salud.

La OMI es una filosofía holística de manejo de la caries que integra el control de la lesión de caries y la mínima intervención quirúrgica. Su objetivo principal es la preservación del tejido, incluida la detección temprana de caries y el tratamiento no quirúrgico, combinado con procedimientos de restauración mínimamente invasivos (Machiulskiene et al., 2020).

Con el desarrollo de nuevos materiales restauradores dentales y los avances en la odontología adhesiva, una mejor comprensión del proceso de la caries y el potencial del

diente para la remineralización, y los cambios en la prevalencia y progresión de la caries, el manejo de la caries dental ha evolucionado desde “extensión para la prevención” a “mínimamente invasivo”. Este concepto incluye la detección temprana de lesiones; evaluación individual del riesgo de caries; intervenciones no quirúrgicas; y un abordaje quirúrgico modificado que incluye retraso de la restauración, preparaciones dentales más pequeñas con diseños de cavidad modificados y materiales dentales adhesivos, y reparación en lugar de sustitución de restauraciones fallidas. El objetivo es la preservación de la estructura dental natural (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

Se distinguen tres niveles de invasividad para clasificar las estrategias de tratamiento dentro de la OMI (Schwendicke et al., 2019):

- Estrategias no invasivas: control de la dieta, control del biofilm y remineralización.
- Estrategias microinvasivas: eliminan tejido duro dental generalmente mediante un grabado ácido. Son las técnicas de sellado e infiltración.
- Estrategias invasivas: eliminan tejido dental ya sea con técnicas manuales, rotatorias u otras, e implican una restauración de ese tejido.
- Estrategias mixtas: control de la cavidad no restaurada y la técnica de Hall.

Con la OMI, la lesión de caries se maneja aplazando la intervención quirúrgica el mayor tiempo posible, por eso los tratamientos se centran en la máxima conservación de esmalte desmineralizado, no cavitado y dentina (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

La OMI, incluye los siguientes conceptos: diagnóstico de caries; clasificación de la profundidad y progresión de la lesión de caries usando radiografías; evaluación del riesgo individual de caries; reducción de bacterias cariogénicas, para disminuir el riesgo de una mayor desmineralización y cavitación; detención de lesiones activas; remineralización y seguimiento de lesiones detenidas no cavitadas; y realización de restauraciones en dientes con lesiones cavitadas, utilizando diseños de cavidad mínima (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

3.3.2. Tratamiento restaurador atraumático

Dentro de esta filosofía OMI se incluye el ART, en el que se emplean instrumentos manuales para realizar la apertura de las lesiones de caries cavitadas y eliminar la dentina

cariada descompuesta o afectada por caries. A continuación, se realiza la restauración con un CIV de alta viscosidad. La técnica no requiere la utilización ni de equipos dentales conectados a una corriente eléctrica ni de agua corriente (Machiulskiene et al., 2020).

El ART está respaldada por la Organización Mundial de la Salud y la Asociación Internacional para la Investigación Dental. Es un medio para restaurar y prevenir la caries en poblaciones que tienen poco acceso a la atención dental tradicional y funciona como tratamiento definitivo (AAPD, 2020). El ART tiene las ventajas de reducir el dolor y el miedo y de ser más rentable que el enfoque tradicional, y está mayormente indicado en niños ya que no se utilizan instrumentos rotatorios y en la mayoría de los casos no se necesita anestesia local (da Franca, Colares y Van Amerongen, 2011).

20

3.3.3. Tratamiento de la lesión de caries en dentición temporal

La actividad de la lesión cariosa, la cavitación y la retención de placa y su posibilidad de eliminación, determinan los umbrales de intervención. Las lesiones inactivas no requieren tratamiento (en algunos casos se colocarán restauraciones por motivos de forma, función y estética); las lesiones activas sí. Las lesiones de caries no cavitadas deben tratarse de forma no invasiva o microinvasiva, al igual que la mayoría de las lesiones cariosas cavitadas que son accesibles al cepillado. Las lesiones cavitadas que no se pueden cepillar generalmente requieren un manejo invasivo/reparador para restaurar la forma, función y estética (Schwendicke et al., 2019).

Respecto a la profundidad de las lesiones, el estado de la cavitación de estas debe evaluarse utilizando métodos visuales y/o táctiles, y/o radiográficos. Se considera que hay una cavitación improbable si en la radiografía la lesión se limita a esmalte, probable si la lesión se ve claramente invadiendo el tercio medio de la dentina, y variable para las lesiones alrededor de la unión esmalte-dentina/tercio exterior de la dentina (Schwendicke et al., 2020). El beneficio de las opciones de tratamiento no invasivo y microinvasivo para el inicio de la lesión de caries proximal debe evaluarse valorando el riesgo o actividad de caries y la capacidad de dicho tratamiento para reducir ese riesgo de caries (Splieth, Kanzow, et al., 2020). Es posible detener e incluso revertir la pérdida de minerales asociada con la lesión inicial de caries antes de que se produzca la cavitación (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

Con relación a los tratamientos por consenso (Santamaría et al., 2020) en lesiones de caries que afectan a dentina en dentición temporal se valoran:

- Tratamientos sin eliminación de tejido cariado: control de la cavidad sin restauración, uso de productos con fluoruro de plata, principalmente el fluoruro diamino de plata y la técnica de Hall.
- Técnicas de remoción de caries: (a) eliminación selectiva de caries (en un paso); (b) eliminación selectiva de tejido en dos pasos, eliminación selectiva de tejido cariado dentinario en el primer paso y, en una segunda visita, remoción selectiva hasta dentina firme o afectada por caries; (c) eliminación no selectiva de caries, que implica la eliminación de toda la dentina desmineralizada en la cavidad para llegar a dentina dura. Actualmente esta técnica no se recomienda.

21

En lo que concierne a caries interproximales, lo aconsejable es el manejo de esas lesiones bajo un enfoque orientado a la prevención (consejos dietéticos, motivación para la higiene oral), así como conocer el riesgo de caries del paciente para prevenir la aparición de nuevas lesiones en superficies no afectadas (Schwendicke et al., 2020). Las opciones de tratamiento que se deben considerar (de forma individual) son: la atención no quirúrgica o tratamiento no invasivo (que trata de reducir la actividad de la caries mediante control de biopelículas y aplicaciones de fluoruro); el tratamiento microinvasivo (que incluye selladores proximales e infiltración de resina) y el tratamiento restaurador (para lesiones más avanzadas, en las que la mayoría de las superficies de los dientes requieren tratamiento quirúrgico para sustituir la pérdida de tejido duro) (Splieth, Kanzow, et al., 2020).

Los fluoruros son claramente beneficiosos para las lesiones proximales iniciales, como lo son para el proceso general de la caries (Splieth, Kanzow, et al., 2020). En ausencia de otras fuentes de flúor relevantes, especialmente agua potable fluorada, la pasta de dientes debe contener ≥ 1.000 ppm de fluoruro. Las aplicaciones de barniz de flúor de alta concentración preventiva deben administrarse en niños, grupos o poblaciones con alto riesgo de caries de 2 a 4 veces al año (Splieth, Kanzow, et al., 2020).

El tratamiento no invasivo debe emplearse principalmente en lesiones del esmalte, mientras que el tratamiento microinvasivo es especialmente adecuado para pacientes con mayor riesgo de caries y lesiones en dentina. En las lesiones cavitadas en proximal, se debe

realizar un tratamiento restaurador. Incluso en estos casos, el tratamiento no invasivo para la reducción de la actividad de la caries debe realizarse para evitar el fracaso por caries secundaria (Splieth, Kanzow, et al., 2020).

En las superficies proximales, la cavitación es difícil de evaluar visualmente o usando métodos táctiles. Por lo tanto, la profundidad de la lesión radiográfica se usa para determinar la probabilidad de cavitación (Schwendicke et al., 2019). Como decíamos anteriormente, en las lesiones que radiográficamente se extienden al tercio externo de la dentina la cavitación es poco probable y estas lesiones deben tratarse como si no estuvieran cavitadas, a menos que se indique lo contrario. Las decisiones individuales deben considerar los factores que modifican estos umbrales. El diagnóstico integral es la base para la toma de decisiones sistemáticas sobre cuándo intervenir en el proceso de caries y lesiones existentes. (Banerjee et al., 2020).

- Para lesiones no cavitadas:

Medidas no invasivas, como limpieza interdental o aplicación tópica de flúor, pueden ser medidas para detener lesiones interproximales en individuos con bajo riesgo de caries o para las lesiones que estaban radiográficamente confinadas a esmalte.

En individuos de alto riesgo o en los que radiográficamente la lesión afecta a dentina, se usarán tratamientos micro- invasivos y medidas no invasivas.

La decisión entre el sellado y la infiltración de resina debe guiarse por consideraciones individuales, incluido el acceso a la lesión, experiencia del operador o el coste del tratamiento (Schwendicke et al., 2020).

- Para lesiones cavitadas:

Para restaurar lesiones proximales, la elección son restauraciones directas adhesivas que permiten preparaciones mínimamente invasivas que conservan la mayor cantidad de tejido dentario (Schwendicke et al., 2020).

En superficies proximales de molares temporales sin inflamación pulpar irreversible, la técnica de Hall presenta significativamente más éxito que la eliminación de caries y las obturaciones o tratamiento de control de caries no restaurador (NRCC) (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

Para el tratamiento de lesiones de caries profundas en dientes primarios, las técnicas que involucran la remoción selectiva de tejido cariado han mostrado una reducción en la incidencia de exposición pulpar en dientes cariados asintomáticos y vitales (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

La técnica de ART acompañada del empleo de un CIV de alta viscosidad para su obturación ha demostrado ser una opción de manejo adecuada para el tratamiento de lesiones cariosas de una sola superficie en dentición temporal (Santamaría et al., 2020).

- Lesiones secundarias interproximales:

Se recomienda revisar/restaurar, volver a sellar/ reparar en lugar de reemplazar parcialmente. Si es posible se deben considerar las restauraciones defectuosas para el manejo de la caries secundaria (Schwendicke et al., 2020).

Reparar restauraciones defectuosas en lugar de reemplazarlas es una opción válida y más conservadora de tratamiento. Las preparaciones de la cavidad en caso de reparación deben garantizar la retención y la resistencia independientes. La decisión de reparar en lugar de reemplazar una restauración siempre debe basarse en el riesgo del paciente de desarrollar caries, el juicio del profesional sobre los beneficios frente a los riesgos y los principios conservadores de la preparación de la cavidad.

- Lesiones multisuperficie:

En molares temporales, las coronas metálicas preformadas convencionales con preparación dental presentan mayor tasa de éxito que las obturaciones multisuperficie.

El NRCC mostró resultados comparables a los de la eliminación y restauración no selectiva de tejido cariado, incluso cuando se utilizó para tratar lesiones de dentina medianas/grandes en varias superficies (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

Para las cavidades de superficies múltiples, el ART puede aumentar el riesgo de fracaso de la restauración en comparación con la restauración convencional (Splieth, Banerjee, et al., 2020).

3.4. MATERIALES EN ODONTOLOGÍA MÍNIMAMENTE INVASIVA

Aún no hay acuerdo sobre el enfoque/material más efectivo en términos de resultados de éxito clínico en el tratamiento de dientes primarios cariados con afectación de dentina. (Santamaría et al., 2020). A modo de ejemplo, la eficacia de las RRCC en el manejo de lesiones de caries clase II en molares temporales varía. En estudios previos aparecen tasas de éxito del 38% (Varpio, 1985), pero en las más actuales dichas tasas aumentan, hasta un 95% a los 2 años para RRCC y CIVMR (Ortiz-Ruiz et al., 2020), de modo que cuando se usan las resinas compuestas en clases II de molares temporales en pacientes con alto riesgo de caries y cooperadores, con aislamiento absoluto y con una aplicación meticulosa de adhesivos, son un material de restauración adecuado (Alyahya, Khanum y Qudeimat, 2018).

24

3.4.1. Cementos de ionómero de vidrio

Algunos estudios (Davidson, 2009) (Ngo & Opsahl-Vital, 2014), en los que se ha comparado la eficacia de las RRCC y el CIV en las restauraciones clase II en dientes temporales, han concluido que el CIV podría ser el material de restauración ideal en OMI, además de ser una herramienta esencial para el manejo de lesiones profundas de caries. Otros estudios indican que, pese a que ambos materiales muestran un comportamiento similar en las lesiones proximales, el tratamiento de elección sería el CIV en pacientes con alto riesgo de caries debido a su propiedad de liberación de fluoruro, gracias a la cual podemos conseguir una “remineralización interna” de las lesiones debido al intercambio de iones que se produce con el CIV (Wiegand, Buchalla y Attin, 2007) (Phonghanyudh, Theerareungchaisri y Jirarattanasopa, 2014). Aun así, se recomienda el uso de CIVMR para las clases II en dentición temporal frente a los CIV convencionales (Chadwick & Evans, 2007).

Existen otros materiales dentales que se pueden emplear en las restauraciones de molares temporales además de los CIV: compuestos a base de resina/agentes adhesivos de dentina; y una combinación en capas de compuestos a base de resina y CIV.

En relación con los CIV, sus mayores ventajas son la adhesión al diente y la liberación de fluoruro y otros iones. Liberan fluoruro, calcio e iones de aluminio. Además, el CIV es "recargable", es decir, puede absorber el fluoruro del medio proporcionado por la exposición a tratamientos con flúor y pastas dentífricas. Esta absorción de fluoruro y su liberación lenta

puede tener un efecto anticariogénico (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003). Su baja resistencia a la fractura y al desgaste no los hace materiales adecuados para restauraciones proximales, con una tasa de fracaso del 6,6–60 % a los 36 meses (Chadwick & Evans, 2007).

Las propiedades de manejo y la fragilidad del material se pueden mejorar agregando resina al material, resultando un CIVMR, que es más fácil de aplicar, fotopolimerizable y con mejores cualidades estéticas (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003), manteniendo al mismo tiempo su potencial de liberación de fluoruro. Los CIV de alta viscosidad mantienen las propiedades mecánicas que ofrecen las resinas (microdureza, resistencia a la abrasión y fractura) sin contener resinas, y han resultado eficaces en reconstrucciones del sector posterior en dentición temporal y permanente (Ortiz-Ruiz et al., 2020).

Los CIV y CIVMR son apropiados para restauraciones cervicales, selladores de fisuras, lesiones proximales en dientes anteriores permanentes y lesiones proximales en dientes temporales anteriores y posteriores (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003). Los cementos tradicionales de ionómero de vidrio se adhieren principalmente al componente orgánico (calcio) de la estructura del diente mediante una reacción de quelación similar a la reacción de fraguado del material. Esto implica una unión inicial con un enlace de hidrógeno, que es un verdadero enlace fisicoquímico y el desarrollo de una capa de intercambio iónico entre el CIV y el diente. Por otro lado, es crucial la prevención de microfiltraciones en los túbulos dentinarios, para lo cual se necesita una buena humectabilidad. Para obtener una buena adherencia entre el diente y el material de ionómero de vidrio, el ácido poliacrílico elimina contaminantes de la superficie al mismo tiempo que altera la energía superficial y expone los minerales de la estructura dental a la difusión del ácido y al intercambio de iones. Además, si es CIVMR, se produce un entrelazamiento micromecánico de la resina, formando una capa híbrida en la superficie de la dentina (Cunningham y Meiers, 1997).

3.4.2. Otros materiales

Con respecto a los compómeros y giómeros, presentan las propiedades mecánicas y estéticas de un composite junto con la capacidad (mínima) de liberar fluoruro y se han utilizado para las restauraciones proximales de los dientes temporales (Ortiz-Ruiz et al., 2020).

En relación con los compuestos a base de resina/agentes adhesivos de dentina, la unión eficaz de la resina al esmalte es un factor clave en la selección de estos materiales. Las preparaciones cavitarias diseñadas para preservar la mayor cantidad de esmalte pueden eliminar la necesidad de una retención macromecánica. Aunque el grabado de la dentina y el esmalte y la formación de una capa híbrida ha mejorado la calidad de la unión y la tecnología está mejorando constantemente, la contracción de polimerización y la filtración marginal continúan siendo un problema cuando los márgenes están en dentina (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003). El proceso de laminación o técnica del sándwich aprovecha las propiedades físicas del CIV y del compuesto a base de resina. El CIV se coloca primero por su adhesión a la dentina y la liberación de flúor. El compuesto a base de resina se coloca sobre el CIV con el fin de mejorar el desgaste oclusal y la estética (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003).

Las restauraciones proximales tienen la mayor tasa de fracaso, debido al desgaste por los dientes antagonistas (Ortiz-Ruiz et al., 2020). Según un estudio la tasa de éxito para la clase II en dientes temporales fue del 68% a los 18 meses y del 52'58% a los 36 meses (Bonifácio et al., 2013), (Hesse et al., 2016).

Los odontopediatras disponen, por tanto, de una amplia gama de materiales para la restauración de las caries de clase II en dientes temporales. Las RRCC serían el material de elección, pero debido a los problemas derivados de la contracción de la polimerización (pérdida de retención, microfiltración y caries secundaria) y porque estos materiales son muy sensibles a la técnica utilizada y que requieren un protocolo de colocación exigente, se han buscado alternativas en odontopediatría (Ortiz-Ruiz et al., 2020).

3.4.3. Selección del material

Al elegir el material, se debe considerar un factor importante: la longevidad/supervivencia de la restauración, ya que la reposición de restauraciones fallidas es un problema para pacientes, profesionales y sistemas de salud públicos. La tasa de éxito de la restauración depende de las propiedades del material, el nivel de riesgo de caries, el estado del diente afectado, las características del paciente, la habilidad del odontopediatra en el uso de los materiales y en el manejo del comportamiento del niño (Ortiz-Ruiz et al., 2020).

En general, la evidencia científica ha demostrado que para las restauraciones clase II en dentición temporal los materiales que contenían resina, los CIVMR, tuvieron la tasa de éxito más alta, seguidos de los materiales a base de resina utilizados con adhesivos de grabado total y de autograbado. Los CIVMR combinan las mejores propiedades: por un lado, tienen las propiedades mecánicas de los composites y por otro las propiedades autoadhesivas de los CIV (Ortiz-Ruiz et al., 2020).

Los CIVMR se pueden usar para restauraciones de Clase I y la evidencia científica respalda su utilización para las restauraciones de Clase II en dientes temporales (AAPD, 2020).

Los ionómeros de vidrio se pueden utilizar para el control de caries en pacientes con alto riesgo de caries y para la reparación de restauraciones. Otras aplicaciones de los ionómeros de vidrio en las que la liberación de fluoruro tiene ventajas son interim treatment restoration (ITR) y ART. Estos procedimientos tienen técnicas similares pero objetivos terapéuticos diferentes. La ITR se puede utilizar en pacientes muy jóvenes, pacientes que no cooperan o pacientes con necesidades especiales de atención para quienes la preparación tradicional de la cavidad o la colocación de restauraciones dentales tradicionales no es factible o debe posponerse. Además, la ITR se puede utilizar para el control de la caries en niños con múltiples lesiones de caries abiertas, antes de la restauración definitiva de los dientes. In vitro, dejar la dentina afectada por la caries no pone en peligro la unión de los ionómeros de vidrio a la dentina del diente temporal (AAPD, 2020).

En la actualidad hay un gran número de marcas comerciales de CIVMR. Sus características de manejo, tiempos de supervivencia, eficacia adhesiva, capacidad de liberación de fluoruro, etc. difieren sustancialmente. Para poder tomar una correcta decisión clínica se necesitan estudios que evalúen y comparen su capacidad de adhesión en los diferentes sustratos dentales, su comportamiento frente al paso del tiempo y su capacidad de liberar fluoruro.

4. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

4.1 Hipótesis

H0: La adhesión de los CIVMR a esmalte desmineralizado es peor que a esmalte sano y dentina sana.

H1: La adhesión de los CIVMR a esmalte desmineralizado es mejor que a esmalte sano y dentina sana.

28

4.2 Objetivo general

Objetivo general: Estudiar la adhesión sobre esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana de origen bovino de cinco CIVMR y su liberación de fluoruro.

4.3 Objetivo específico

Objetivo específico 1: medir la resistencia a las fuerzas de cizalla (RFC) de los CIVMR (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®) adheridos al esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina de origen bovino, a las 24 horas, al mes y a los 3 meses de realizar la adhesión.

Objetivo específico 2: Medir la influencia de los factores tiempo (24 horas, 1 mes, 3 meses) y material (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®) en la resistencia a las fuerzas de cizalla (RFC) de los CIVMR.

Objetivo específico 3: Medir la influencia de los factores sustrato (esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina de origen bovino) y material (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®) en la resistencia a las fuerzas de cizalla (RFC) de los CIVMR.

Objetivo específico 4: Medir la influencia de los factores tiempo (24 horas, 1 mes, 3 meses) y sustrato (esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina de origen bovino) en la resistencia a las fuerzas de cizalla (RFC) de los CIVMR (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC®)

Objetivo específico 5: estudiar los modos de fractura que se producen al descementar los CIVMR (Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC).

Objetivo específico 6: estudiar la interfase de adhesión que se produce entre los sustratos dentales y los CIVMR (Vitremer[®], ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux[®], GC Fuji II LC).

Objetivo específico 7: medir las tasas de liberación de fluoruro de los CIVMR (Vitremer[®], ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux[®], GC Fuji II LC).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1. Dientes

En esta investigación se emplearon 1035 incisivos inferiores de origen bovino de crianza, menores de 24 meses, procedentes de un matadero industrial (El Cabezo, Murcia, España), con las caras vestibulares libres de fracturas u otros defectos. El diseño del estudio fue aprobado por el comité de bioseguridad en experimentación de la Universidad de Murcia (CBE 198/2019) (Anexo 1).

30

Tras la extracción de los dientes, se eliminaron los restos orgánicos y se sumergieron en una solución de timol al 0,1% durante 24 horas. Después, se mantuvieron en agua destilada, que se cambió diariamente para minimizar el deterioro, hasta el momento de su utilización. Antes de su uso, las superficies vestibulares de todos los dientes se limpiaron mediante una copa de goma montada en contraángulo EXPERTmatic™ E25 (Kavo Dental GmbH, Biberach, Alemania) bajo refrigeración acuosa. Los dientes se usaron dentro de los 6 meses posteriores a la extracción, según la norma ISO TS 11405.

5.2. Grupos experimentales

Los 1035 dientes se dividieron aleatoriamente en 45 grupos experimentales de 23 dientes cada uno. Los grupos se distribuyeron atendiendo a los factores del estudio, tiempo, sustrato y material. Tiempo: 24 horas, 1 mes y 3 meses. Sustrato: esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana. Material: Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC, Ionolux®, GC Fuji II LC® (Figura 2).

La aleatorización se realizó empleando una lista de números aleatorios generados por la función ALEA.ENTRE del programa Numbers (Apple Inc., USA). El investigador operador fue ciego al proceso de aleatorización.

De los 23 dientes por grupo, 20 fueron destinados a medir la resistencia a las fuerzas de cizalla y 3 al FESEM.

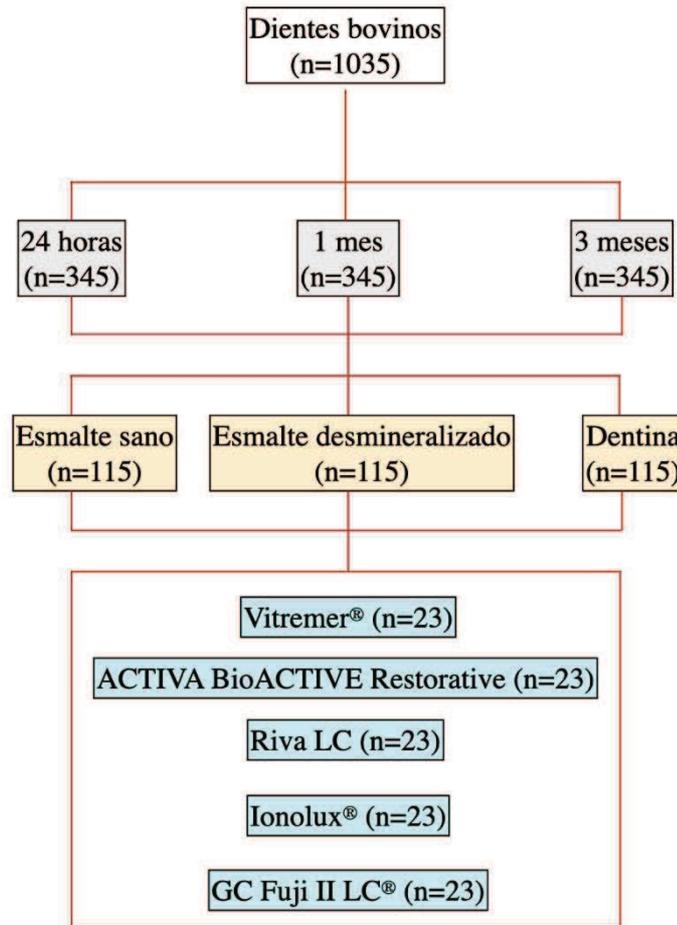


Figura 2. Diagrama de la distribución de las muestras en los grupos experimentales.

5.3. Desmineralización del esmalte

En los grupos de esmalte desmineralizado, los dientes se sumergieron durante 48 horas en una solución compuesta por: 2,2 mM de cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 2,2 mM fosfato monosódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 0,05 mM ácido láctico. El pH se ajustó a 4,5 con hidróxido de sodio al 50% (NaOH) (Vicente, Ortiz Ruiz, González, García López y Bravo-González, 2017). Tras las 48 horas, los dientes se introdujeron en un baño de ultrasonidos con alcohol al 90%. A los 15 minutos los dientes se extrajeron y se lavaron con abundante agua destinada, donde se mantuvieron hasta su uso.

5.4. Exposición de la dentina

Para exponer la dentina se usó una fresa de tallado de diamante 5881-314-014 (Komet, GEHR. BRASSELER GmbH & Co. Lemgo, Alemania) montada en una turbina

SMARTtorque™ S619L (Kavo Dental GmbH, Biberach, Alemania) con abundante refrigeración acuosa.

5.5. Procedimientos restauradores

La composición y lotes de todos los materiales queda recogida en la tabla 1.

Vitremer® (3M ESPE, St. Paul, MN, USA)

La superficie donde se iba a realizar la adhesión se lavó con agua destilada en spray y se secó con aire comprimido, sin desecar. A continuación, se aplicó Vitremer® Primer con un microcepillo frotando sobre la superficie durante 20 segundos, se secó con una jeringa de aire y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). A continuación, se preparó Vitremer® mezclando sobre un block de papel una cucharada enrasada del polvo y una gota del líquido (proporción 1:1) con una espátula metálica. Cuando se obtuvo una mezcla homogénea se cargó en la pistola dispensadora y se llevó al interior de los tubos de polietileno de 3 mm de diámetro interno y 4 mm de altura, condensando el material. Se polimerizó durante 40 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). Finalmente, se aplicó una capa de Finishing Gloss Vitremer® en la superficie del material y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA).

32

ACTIVA BioACTIVE Restorative (PULPDENT Corporation, MA, USA)

La superficie donde se iba a realizar la adhesión se lavó con agua destilada en spray y se secó con aire comprimido, sin desecar. A continuación, se aplicó ácido ortofosfórico al 37% (Ácido Dentaflux, Dentaflux, Madrid, España) durante 20 segundos, se lavó con agua destilada en spray durante 20 segundos. Posteriormente, se secó con una jeringa de aire comprimido y se aplicó adhesivo universal Prime & Bond Active™ (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Alemania), frotándolo durante 10 segundos con un microcepillo. Se aplicó aire comprimido y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). Con la autojeringa Activa se aplicó ACTIVA BioACTIVE Restorative con una punta mezcladora en el interior de los tubos de polietileno y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA).

Riva Light Cure (SDI Limited, Victoria, Australia)

La superficie donde se iba a realizar la adhesión se lavó con agua destilada en spray y se secó con aire comprimido, sin desecar. Se aplicó Riva Conditioner (SDI Limited, Victoria,

Australia) frotándolo durante 10 segundos, se lavó con agua destilada en espray durante 20 segundos y se secó la superficie con una jeringa de aire. Se activó la cápsula de Riva LC presionando el émbolo e, inmediatamente, se colocó en la mezcladora Rotomix™ (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) y se vibró durante 10 segundos. Se colocó la cápsula en el aplicador y el material se introdujo en el interior de los tubos de polietileno, condensándolo. Se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). Finalmente, se aplicó una capa de Finishing Gloss Vitremer™ en la superficie del material y se polimerizó durante 20 segundos con la misma lámpara.

Ionolux® (VOCO GmbH, Cuxhaven, Alemania)

La superficie donde se iba a realizar la adhesión se lavó con agua destilada en espray y se secó con aire comprimido, sin desecar. Se aplicó GC Dentin conditioner (GC America Inc., IL, USA) sobre las superficies frotándolo durante 20 segundos y se lavó con agua destilada en espray durante 20 segundos. Posteriormente, se secó con una jeringa de aire. Se activó la cápsula de Ionolux® presionando el émbolo, se colocó en la mezcladora Rotomix™ (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) y se vibró durante 10 segundos. Se colocó la cápsula en el aplicador y el material se introdujo en el interior de los tubos de polietileno, condensándolo, y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). Finalmente, se aplicó una capa de Finishing Gloss Vitremer® en la superficie del material y se polimerizó durante 20 segundos con la misma lámpara.

GC Fuji II LC® (GC America Inc., IL, USA)

La superficie donde se iba a realizar la adhesión se lavó con agua destilada en espray y se secó con aire comprimido, sin desecar. Se aplicó GC Dentin conditioner (GC America Inc., IL, USA) sobre las superficies frotándolo durante 20 segundos y se lavó con espray de agua destilada durante 20 segundos. Posteriormente, se secó con una jeringa de aire. Se agitó y se activó la cápsula de GC Fuji II LC® presionando el émbolo e inmediatamente se colocó en la mezcladora Rotomix™ (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) y se vibró durante 10 segundos. Se retiró inmediatamente la cápsula y se colocó en el aplicador. Se colocó GC Fuji II LC® en el interior de los tubos de polietileno, condensándolo, y se polimerizó durante 20 segundos con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). Finalmente, se aplicó una capa de Finishing Gloss Vitremer® en la superficie del material y se polimerizó durante 20 segundos con la misma lámpara.

Tabla 1. Composición de los materiales según la hoja de seguridad publicada por los fabricantes

Producto	Lote nº	Composición	p/p %
Primer Vitremer®	N907817 N818172 N967006	<ul style="list-style-type: none"> Metacrilato de 2-hidroxietilo. Alcohol etílico. Copolímero de Ácidos Itacónico y Acrílico Hexafluorofosfato de Difenciliodonio. 	44-55 35-45 10-15 <1
Líquido Vitremer®	N907662 N977402 N972914	<ul style="list-style-type: none"> Polímero de ácido 2-propenoico y ácido metilenbutanodioico. Ingredientes no peligrosos. Metacrilato de 2-hidroxietilo. Hexafluorofosfato de Difenciliodonio. 	45-50 25-30 15-25 <1
Polvo Vitremer®	N911066 N930416 N969444	<ul style="list-style-type: none"> Polvo de vidrio, superficie modificada con 2-ácido propenoico, 2 metil-3-(trimetoxisilil) éster propílico (2530-85-0), material a granel. Peroxodisulfato de dipotasio. 	90-99,9 <0.15
Finishing Gloss Vitremer®	N909562 N886682 N750696 N967005	<ul style="list-style-type: none"> Dimetacrilato de 2,2'-etilendioxidietilo (TEGDMA) Bismetacrilato de (1-metiletiliden)bis[4,1-fenilenci(2-hidroxi-3,1-propanodilo)] Trifenilestibina 4-(Dimetilamino) fenetil alcohol Hidroquinona 	40-60 40-60 <1 <0,5 <0,1
ACTIVA BioACTIVE Restorative	183124 181029	<ul style="list-style-type: none"> Mezcla de diuretano y otros metacrilatos con ácido poliacrílico modificado Sílice amorfo Fluoruro de sodio 	44,6 6,7 0,75
Riva Light Cure	170309	<p><u>Compartimento 1</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Ácido poliacrílico Ácido tartárico 2-hidroxietil metacrilato Dimetacrilato cross-linker Monómero ácido <p><u>Compartimento 2</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Fluoroaminosilicato (glass powder) 	15-25 1-5 20-25 10-25 10-20 95-100
Ionolux®	183124	<p><u>Polvo</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Vidrio fluorosilicoaluminoso Ácido poliacrílico <p><u>Líquido</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Metacrilato de 2-hidroxietilo Ácido poliacrílico Glycerindimethacrylate Urethanedimethacrylate 	50-100 2,5-5 25-50 10-25 10-25 10-25
GC Fuji II LC®	180622 180718A 180809A	<ul style="list-style-type: none"> 2-hidroxietil metacrilato (HEMA) Ácido carboxílico polibásico* Dimetacrilato de uretano (UDMA) Dimetacrilato* <p>*La sustancia es un secreto comercial</p>	25-50 5-10 1-5 1-5

Ácido Dentaflux	202818 020818 021218	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido ortofosfórico • Excipientes 	37 Hasta el 100
Prime & Bond Active™	1702000427 1706000231 1702000427 1701000256	<ul style="list-style-type: none"> • Bisacrilamida1 • Propan-2-ol • 10-Metacrililoil-oxidecil- dihidrogenofosfato • Bisacrilamida 2 • Fosfato de pentaacrilato de dipentaeritritol • 4-(dimetilamino)benzonitrilo 	25-50 10-<25 10-<25 2,5-<10 2,5-<10 0,1-<1
Riva Conditioner	170309	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido poliacrílico 	25-30%
GC Dentin conditioner	1807101	<ul style="list-style-type: none"> • Ácido poliacrílico 	5-10%

p/p %: porcentaje en peso.

5.6. Inmersión en saliva

Una vez preparadas, todas las muestras se sumergieron en saliva artificial y se introdujeron en una estufa a 37°C durante el tiempo del estudio. La saliva fue cambiada diariamente. La saliva artificial empleada en este estudio estaba compuesta por: 1% carmelosa sódica; 13% sorbitol; 0,12% cloruro potásico; 0,084% cloruro sódico; 0,005% cloruro de magnesio hexahidratado; 0,015% cloruro de calcio anhidro; 0,017% fosfato de potasio dibásico; 0,1% nigapin® sódico.

5.7. Test de resistencia a las fuerzas de cizalla

Todas las muestras que se iban a someter al test de RFC fueron montadas en cilindros de 3 cm de diámetro interno y 4 cm de altura sumergiendo sus raíces en yeso tipo IV. La prueba de RFC se realizó con una máquina de ensayos AGS-1 KND Universal test machine (Schimadzu, Japón).

Los cilindros se montaron verticalmente. La fuerza se aplicó en sentido inciso-cervical, perpendicular a la interfase entre el material y la superficie del diente, con una barra de acero con terminación en bisel de 30°. La carga fue de 1 KN y la velocidad de la cabeza de la máquina fue de 1 mm/min.

La fuerza requerida para producir el despegamiento del material se registró en Newtons (N) y fue convertida a Megapascales (MPa) dividiendo los N por el área de adhesión (7.06 mm²) aplicando la fórmula: $Mpa = N / mm^2$

No todas las muestras realizadas pudieron ser analizadas en la prueba de resistencia a las fuerzas de cizalla ya que hubo despegamientos pre-test (Tabla 2).

Tabla 2. Fallos pre-test

	Esmalte Sano			Esmalte Desmineralizado			Dentina		
	24h	1mes	3meses	24h	1mes	3meses	24h	1mes	3meses
Vitremer®	8	12	12	6	6	3	0	3	7
ACTIVA									
BioACTIVE	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Restorative									
Riva LC	1	0	1	0	0	0	4	2	6
Ionolux®	0	0	3	0	0	6	5	1	2
GC Fuji II LC®	0	2	11	1	1	5	1	1	11

5.8. Tipos de fracturas

Con el objeto de establecer el tipo de fallo por el que se produjo el descementado, las superficies de fractura fueron examinadas bajo un estereomicroscopio ZEISS Stemi 305 (Zeiss, Jena, Alemania). Se hicieron fotografías con este microscopio usando el programa informático ZEN core v2.7 (Zeiss, Jena, Alemania). Los tipos de fractura se dividieron en las siguientes cuatro categorías. (Burke et al., 2002):

1. Fractura cohesiva de esmalte



Figura 3. Fractura cohesiva de esmalte (Ionolux®, esmalte Sano, 1 mes)

2. Fractura cohesiva de material



37

Figura 4. Fractura cohesiva de material (ACTIVA BioACTIVE Restorative, dentina sana, 3 meses)

3. Fractura adhesiva



Figura 5. Fractura adhesiva (Riva LC, esmalte desmineralizado, 24 horas)

4. Fractura mixta: parcial adhesiva y parcial cohesiva



Figura 6. Fractura mixta (GC Fuji II LC®, esmalte normal, 3 meses)

5.9. Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo

Tres muestras de cada grupo fueron examinadas al FESEM. Para ello, las raíces de los incisivos bovinos fueron eliminadas y las coronas con los materiales adheridos se embebieron en polimetilmetacrilato. Se obtuvieron tres láminas usando un disco de diamante (Komet, GEBR. BRASSELER GmbH & Co. Lemgo, Alemania) montado en una pieza de mano (Kavo Dental GmbH, Biberach, Alemania) con abundante refrigeración acuosa. Los tres fragmentos se colocaron sobre pletinas. Se introdujeron en el FESEM Apreo S (Thermo Fisher Scientific, Oregon, USA) a 2,0 kV y alto vacío.

38

5.10 Liberación de fluoruro

Se prepararon los materiales de estudio según las indicaciones del fabricante (ver apartado 5.5 Procedimientos restauradores) y se introdujeron en el interior de tubos de polietileno de 3 mm de diámetro interno y 4 mm de altura. El material se condensó y polimerizó con la lámpara LED Demi™ Ultra (Kerr, CA, USA). El paso de aplicar Finishing Gloss Vitremer® en la superficie del material no se realizó. Se prepararon un total de 6 muestras por material, que se sacaron del tubo de polietileno y se pesaron en una balanza de precisión (ENTRIS, Sartorius AG, Gotinga, Alemania). A continuación, las muestras se introdujeron en tubos de ensayo con 5 ml de agua desionizada. De las 6 muestras, 5 fueron destinadas al cálculo de la tasa de liberación acumulada de fluoruro y 1 al cálculo de la tasa de liberación diaria de fluoruro.

Tasa de liberación acumulada de fluoruro.

Se utilizaron 5 muestras por material, cada muestra se introdujo en un tubo de ensayo con 5 ml de agua desionizada y se mantuvo en estufa a 37°C. 1 muestra de cada material se mantuvo durante 24 horas, 1 muestra durante 48 horas, 1 muestra durante 7 días, 1 muestra durante 14 días y 1 muestra durante 30 días. Al final de cada uno de los tiempos se extrajo la muestra y el tubo de ensayo se mantuvo en un congelador a -22°C hasta la medición del fluoruro.

Tasa de liberación diaria de fluoruro.

Se utilizó una muestra por material que se introdujo en un tubo de ensayo con 5ml de agua desionizada a 37°C. A las 24 horas se extrajo la muestra del tubo de ensayo y se introdujo en otro tubo de ensayo con otros 5 ml de agua desionizada. Esto se repitió a las 48 horas, 7 días, 14 días y 30 días. Los tubos de ensayo sin la muestra se mantuvieron en un congelador a -22°C hasta la determinación del ion fluoruro.

39

Medición del ión fluoruro

Las mediciones del ion fluoruro se realizaron con un electrodo ion específico (Orion 9609 BNWP, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, USA) conectado a un analizador de iones (Orion EA-940, Thermo Fisher Scientific Inc. Waltham, USA). El electrodo fue calibrado antes de cada uso con soluciones estándar de ion fluoruro desde 0.10 hasta 1.0 ppm F-, mezclando 1 ml de cada solución estándar con 1 ml de TISAB II (Hanna Instruments, Woonsocket, Rhode Island, USA) [1.0 M acetate buffer pH 5.0, 1.0 M NaCl and 0.4% CDTA].

Las mediciones se realizaron previa descongelación de todas las muestras a temperatura ambiente y homogeneización de las mismas con una vibradora Classic Vortex Mixer (Velp Scientifica, Usmate Velate (MB), Italia). Se prepararon tubos de ensayo con 1ml de TISAB II y 1 ml de la muestra de estudio. Se vibró para homogeneizar la mezcla con la vibradora Classic Vortex Mixer (Velp Scientifica, Usmate Velate (MB), Italia) durante 15 segundos a 1200 rpm. El electrodo fue introducido en el tubo de ensayo y se esperó a que los valores se estabilizaran. A continuación, se limpió el sensor con agua destilada. El analizador muestra los valores en milivoltios (mV) que se transforman a mgF/L (ppm F-) usando las curvas de calibración.

Para minimizar el error en el análisis de flúor se hicieron 3 mediciones de cada muestra y para cada medición se realizó una curva de calibración. Se calculó la concentración por gramo de material.

5.11. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SigmaStat 3.5 (Systat Software Inc., Point Richmond, CA, USA). El tamaño muestral ($n=20$ por grupo) fue calculado aceptando un riesgo alfa de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral. La diferencia mínima que detectar entre dos grupos se consideró de 5 con una desviación de 4. Se asumió la existencia de 5 grupos y se estimó una tasa de pérdidas de 10%.

Las variables principales fueron la resistencia a las fuerzas de cizalla y el tipo de fractura. Las co-variables (factores) fueron el sustrato (esmalte sano, esmalte desmineralizado, dentina), el tiempo (24h, 1 mes, 3 meses), el tipo de material (Riva LC, CG Fuji II LC®, Vitremer®, ACTIVA BioACTIVE Restorative, Ionolux®).

Hemos realizado un análisis descriptivo de los resultados, que se expresan como la media \pm la desviación estándar. Cuando los valores de resistencia a las fuerzas de cizalla presentaron una distribución normal (test de Kolmogorov–Smirnov, $p>0.05$) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene, $p>0.05$), para determinar si hubo diferencias en el comportamiento de los diferentes materiales se realizó un análisis de varianza simple. Cuando hubo diferencias entre los grupos se realizó un test de Tukey para comparar los grupos dos a dos (esmalte intacto y dentina). Cuando no se cumplieron los supuestos se realizó un test de Kruskal-Wallis con un test de Dunn (esmalte desmineralizado).

Para determinar la influencia de los factores sustrato, tiempo y material sobre la resistencia a las fuerzas de cizalla se usó un test de two-way ANOVA.

Para determinar la asociación entre modos de fractura, tipo de sustrato y materiales, se usó el test de la Chi-cuadrado de Pearson en tablas de contingencia.

Para estudiar la influencia de los factores tiempo y material en la tasa de liberación diaria y acumulada de fluoruro se ha usado un test de two-way ANOVA.

La significación estadística se consideró a partir de una $p<0.05$.

6. RESULTADOS

6.1. Resistencia a las fuerzas de cizalla

Análisis a las 24h

En esmalte sano, a las 24 horas, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($23,42 \pm 6,10$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Riva LC ($9,84 \pm 4,46$ MPa), Vitremer[®] ($5,35 \pm 4,63$ MPa) e Ionolux[®] ($13,02 \pm 7,95$ MPa). Vitremer[®] presentaron las menores fuerzas de adhesión, siendo significativas frente a ACTIVA BioACTIVE Restorative, GC Fuji II LC[®] ($18,70 \pm 7,60$ MPa) y Ionolux[®] ($13,02 \pm 7,95$ MPa). GC Fuji II LC[®] obtuvo valores significativamente superiores a Riva LC. (Figura 7; Tabla 3)

41

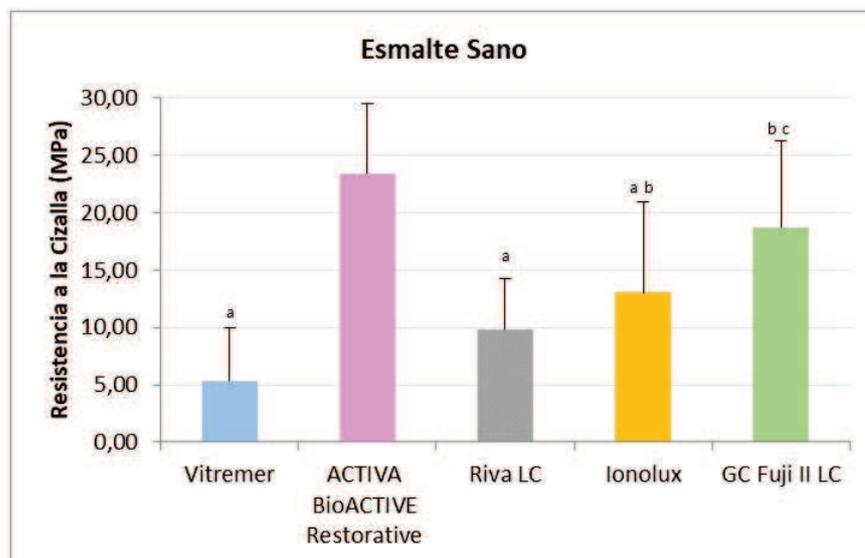


Figura 7. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a las 24 horas. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer[®]; c vs Riva LC

En esmalte desmineralizado, a las 24 horas, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($20,41 \pm 4,79$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Riva LC ($13,01 \pm 2,68$ MPa), Vitremer[®] ($4,63 \pm 5,07$ MPa) e Ionolux[®] ($9,13 \pm 4,50$ MPa). Vitremer[®] presentó las menores fuerzas de adhesión, siendo significativas frente a ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC y GC Fuji II LC[®] ($14,84 \pm 7,99$ MPa). (Figura 8; Tabla 3)

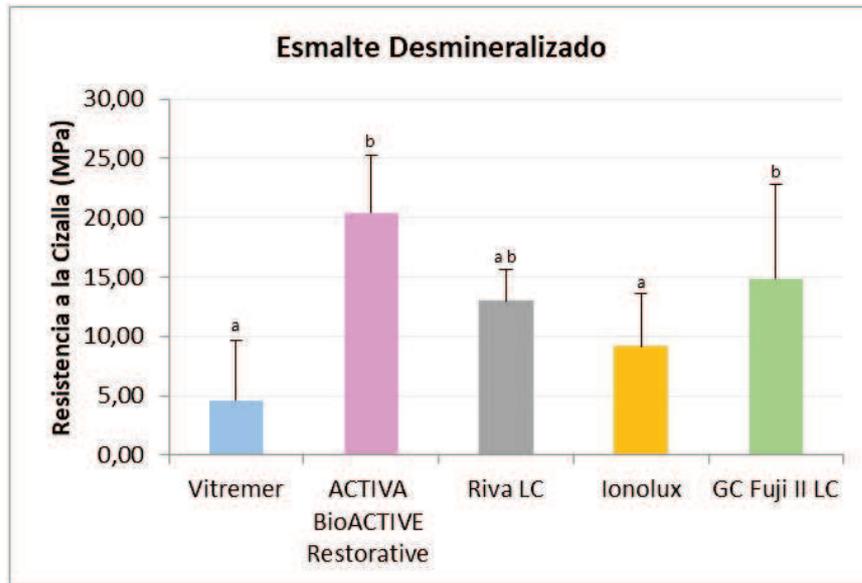


Figura 8. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a las 24 horas. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®

En dentina todos los IVMR presentaron similares valores de RFC a las 24 horas. No hubo diferencias significativas entre los distintos grupos ($p=0,114$) (Figura 9; Tabla 3)

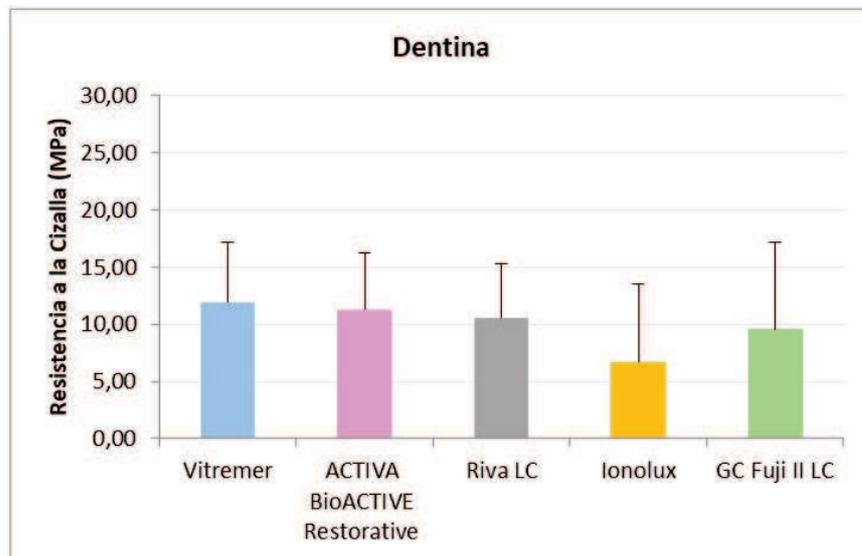


Figura 9. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina sana a las 24 hora

Tabla 3. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana a las 24 horas

	ESMALTE SANO		ESMALTE DESMINERALIZADO		DENTINA	
	MPa	p < 0,05	MPa	p < 0,05	MPa	p=0,114
Vitremer®	5,35 ± 4,63	a	4,63 ± 5,07	a	11,93±5,23	–
ACTIVA BioACTIVE Restorative	23,42 ± 6,10		20,41 ± 4,79		11,30±4,96	–
Riva LC	9,84 ± 4,46	a	13,01 ± 2,68	a, b	10,58±4,74	–
Ionolux®	13,02 ± 7,95	a, b	9,13 ± 4,50	a	6,73±6,83	–
GC Fuji II LC®	18,70 ± 7,60	b, c	14,84 ± 7,99	b	9,60±7,62	–

a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®; c vs Riva LC

Análisis a 1 mes

En esmalte sano, al mes, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($25,34 \pm 9,67$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Vitremer® ($9,23 \pm 7,24$ MPa) e Ionolux® ($12,20 \pm 7,14$ MPa). Vitremer® presentó las menores fuerzas de adhesión, siendo significativas frente a GC Fuji II LC® ($23,13 \pm 11,35$ MPa). Ionolux® también presentó diferencias significativas con GC Fuji II LC®. (Figura 10; Tabla 4)

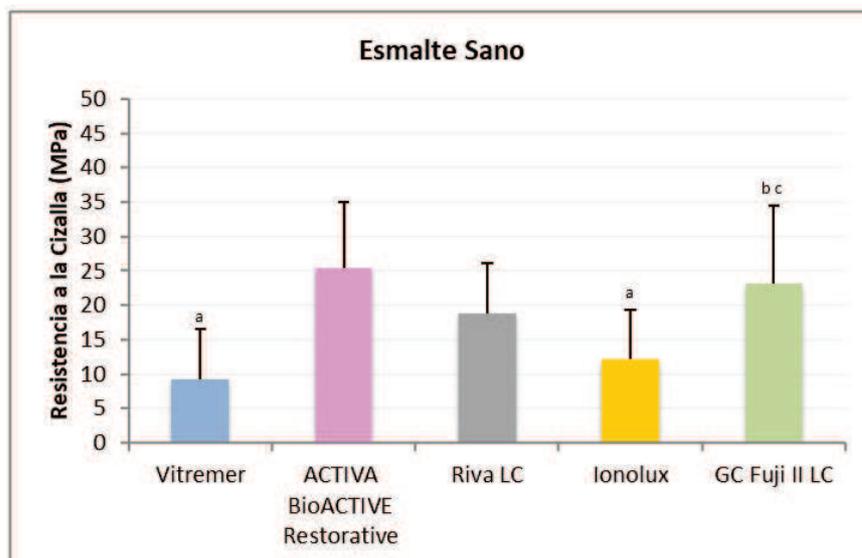


Figura 10. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a 1 mes. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®; c vs Ionolux®

En esmalte desmineralizado, al mes, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($33,63 \pm 10,69$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente al resto de materiales, Riva LC ($18,41 \pm 6,58$ MPa), GC Fuji II LC® ($15,99 \pm 13,57$ MPa), Vitremer® ($4,10 \pm 4,63$ MPa) e Ionolux® ($12,92 \pm 5,57$ MPa). Vitremer® presentó las menores fuerzas de adhesión, siendo significativas frente a Riva LC y GC Fuji II LC®. (Figura 11; Tabla 4)

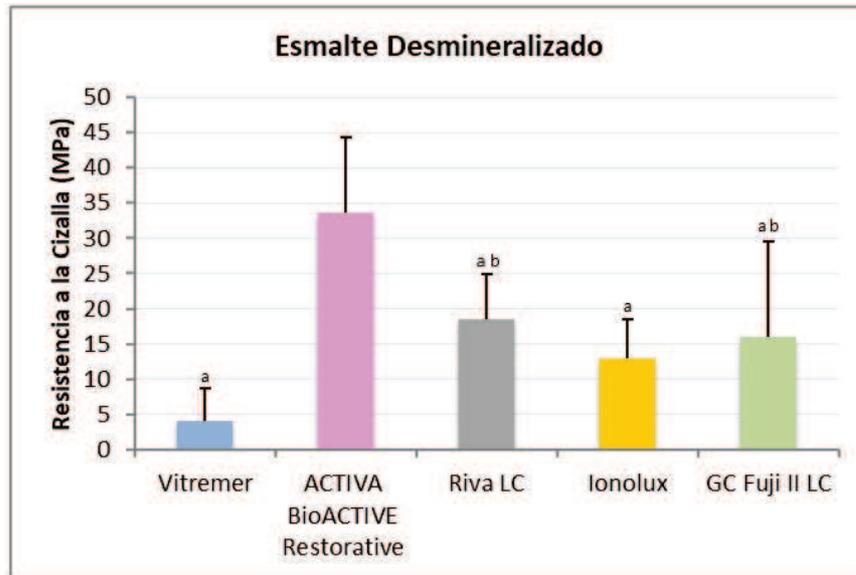


Figura 11. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a 1 mes. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®

En dentina, al mes, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de adhesión ($11,02 \pm 4,70$ MPa) y la diferencia fue significativa frente a GC Fuji II LC® ($5,30 \pm 3,93$ MPa). (Figura 12; Tabla 4)

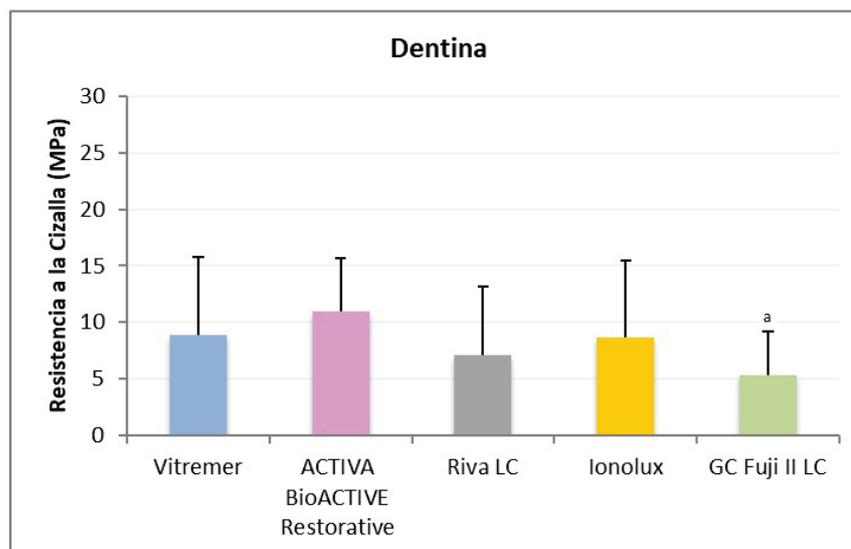


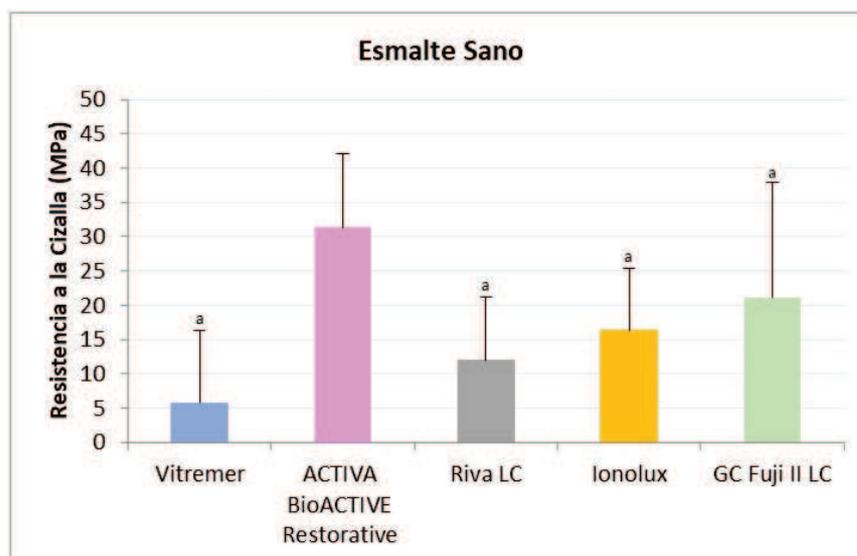
Figura 12. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina sana a 1 mes. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative.

Tabla 4. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana a 1 mes

	ESMALTE SANO		ESMALTE DESMINERALIZADO		DENTINA	
	MPa	p < 0,05	MPa	p < 0,05	MPa	p < 0,05
Vitremer®	9,23±7,24	a	4,10±4,63	a	8,92±6,84	
ACTIVA BioACTIVE Restorative	25,34±9,67		33,63±10,69		11,02±4,70	
Riva LC	18,83±7,23		18,41 ± 6,58	a, b	7,11±6,02	
Ionolux®	12,20±7,14	a	12,92±5,57	a	8,64±6,87	
GC Fuji II LC®	23,13±11,35	b, d	15,99±13,57	a, b	5,30±3,93	a
a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®; d vs Ionolux®						

Análisis a 3 meses

En esmalte sano, a los tres meses, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($31,30 \pm 10,38$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Riva LC ($11,96 \pm 9,21$ MPa), GC Fuji II LC® ($21,15 \pm 16,71$ MPa), Vitremer® ($5,86 \pm 10,87$ MPa) e Ionolux® ($16,37 \pm 8,98$ MPa). (Figura 13; Tabla 5)


Figura 13. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a los 3 meses. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative

En esmalte desmineralizado, a los tres meses, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($30,46 \pm 9,28$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Riva LC ($17,12 \pm 7,05$ MPa), GC Fuji II LC® ($18,91 \pm 9,04$ MPa), Vitremer® ($12,79 \pm 7,34$ MPa) e Ionolux® ($18,15 \pm 11,39$ MPa). (Figura 14; Tabla5)

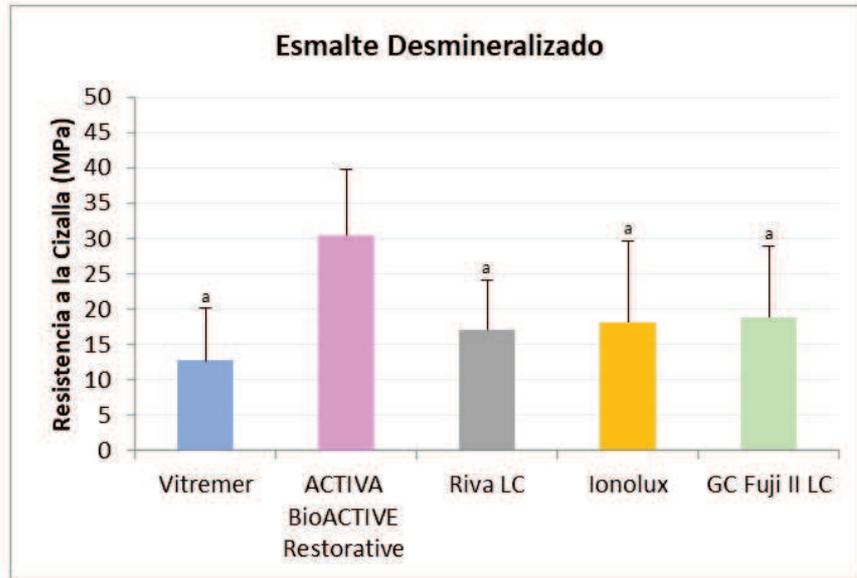


Figura 14. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a los 3 meses. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative.

En dentina, a los tres meses, ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mayores valores de RFC ($17,04 \pm 5,89$ MPa), siendo estadísticamente significativo frente a Riva LC ($5,75 \pm 4,65$ MPa), GC Fuji II LC® ($3,68 \pm 2,54$ MPa), Vitremer® ($6,13 \pm 4,61$ MPa) e Ionolux® ($4,76 \pm 3,44$ MPa). (Figura 15; Tabla 5)

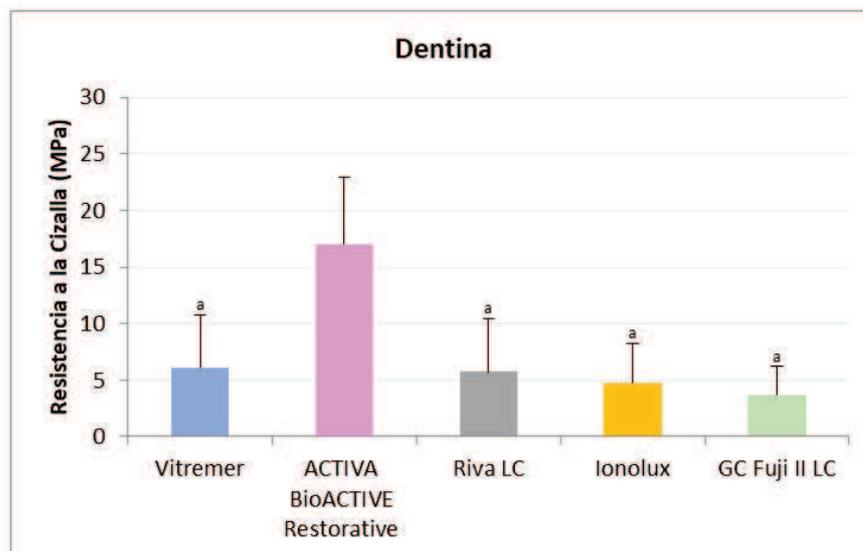


Figura 15. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina a los 3 meses. a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative

Tabla 5. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina a 3 meses

Material	ESMALTE SANO		ESMALTE DESMINERALIZADO		DENTINA	
	MPa	p < 0,05	MPa	p < 0,05	MPa	p < 0,05
Vitremer®	5,86±10,38	a	12,79±7,34	a	6,13±4,61	a
ACTIVA BioACTIVE Restorative	31,30±10,87		30,46±9,28		17,04±5,89	
Riva LC	11,96±9,21	a	17,12±7,05	a	5,75±4,65	a
Ionolux®	16,37±8,98	a	18,15±11,39	a	4,76±3,44	a
GC Fuji II LC®	21,15±16,71		18,91±9,04	a	3,68±2,54	a

a vs ACTIVA BioACTIVE Restorative; b vs Vitremer®; d vs Ionolux®

6.2 Análisis factorial

6.2.1 Sustrato vs tiempo

Se observó una interacción positiva y lineal entre los factores sustrato y tiempo. La RFC fue diferente en los sustratos en función del tiempo transcurrido ($p < 0,001$). Así, en esmalte sano y desmineralizado la RFC se incrementó con el paso del tiempo, mientras que en dentina el tiempo no influyó.

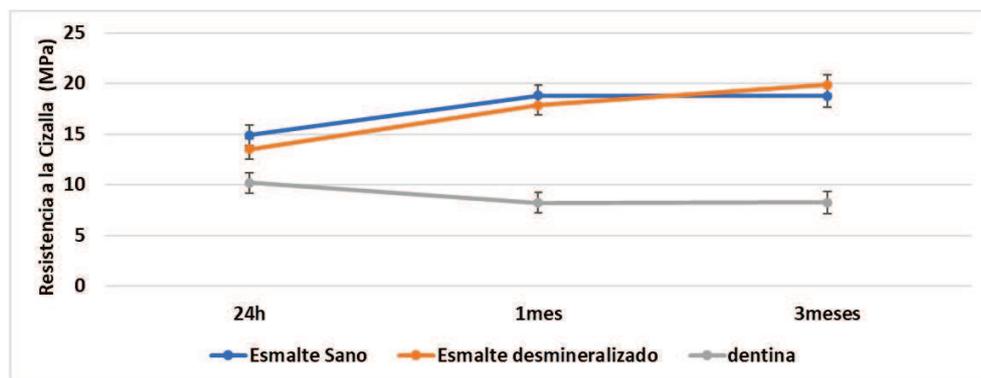


Figura 16. Análisis factorial sustrato vs tiempo

6.2.2 Sustrato vs material

Se observó una interacción positiva y lineal entre los factores sustrato y material ($p < 0,001$). En el sentido de que Riva LC, Ionolux® y ACTIVA BioACTIVE Restorative presentaron menor adhesión en dentina que en esmalte normal y desmineralizado, sin diferencias entre ellos. Vitremer® presentó los mismos valores de adhesión con independencia del sustrato. GC Fuji II LC® presentó diferencias entre los tres sustratos.

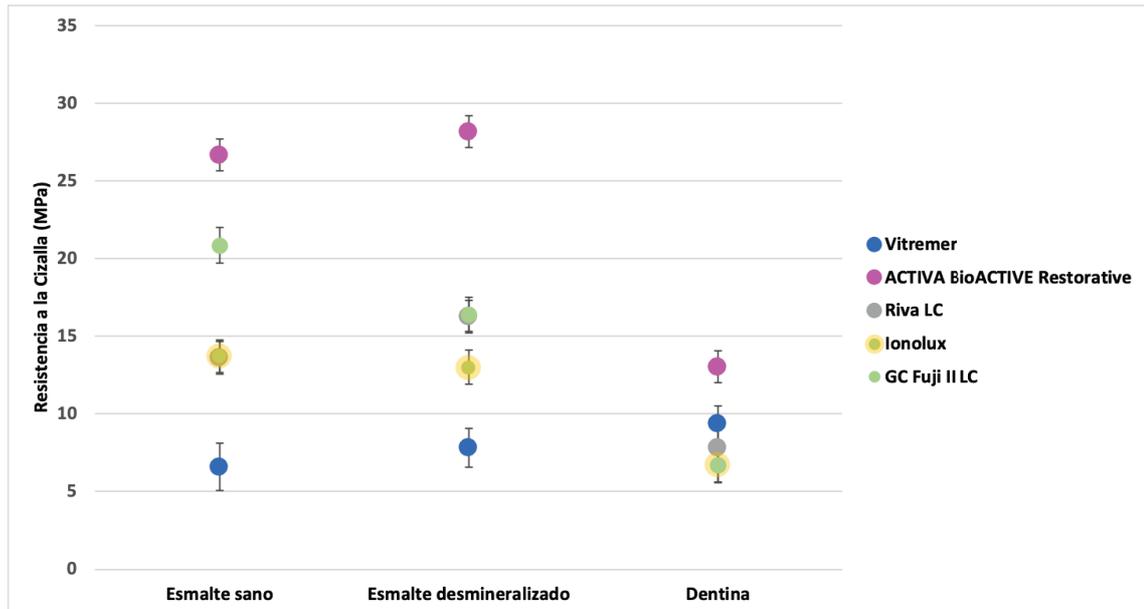


Figura 17. Análisis factorial sustrato vs material

6.2.3 Tiempo vs material

Se observó una interacción significativa positiva y lineal entre los factores tiempo y material. Es decir, el comportamiento de cada material en función del tiempo es diferente ($p = 0,02$). Así, mientras que ACTIVA BioACTIVE Restorative mejoró la RFC a medida que avanzó el tiempo, en el resto de los materiales no se produjo ningún cambio.

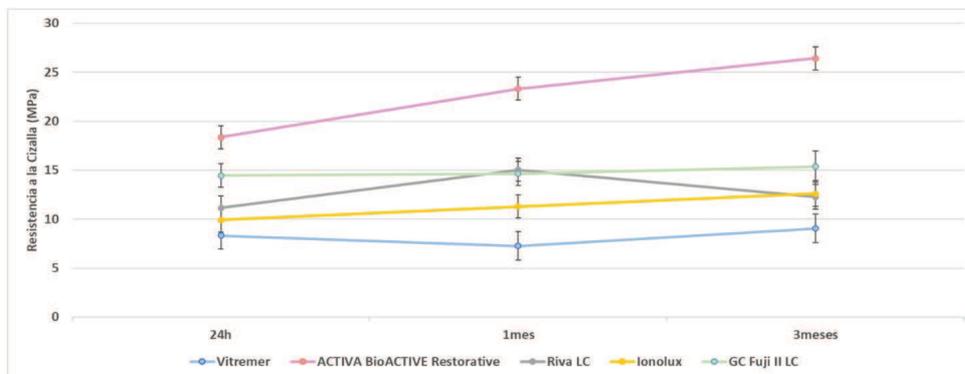


Figura 18. Análisis factorial tiempo vs material

6.3 Tipos de fracturas

Ni el tipo de sustrato ($p=0,725$) ni el tiempo ($p=0,819$) influyeron en el tipo de fractura. Sí se observó influencia del material en el tipo de fractura ($p<0,001$). ACTIVA BioACTIVE Restorative se asoció positivamente con las fracturas cohesivas de esmalte; Riva LC y ACTIVA BioACTIVE Restorative se asociaron con fracturas cohesivas de material; Ionolux® y Vitremer® se asociaron con fracturas adhesivas.

Tabla 6. Tipos de fracturas de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana

Grupo			Fractura cohesiva de esmalte	Fractura cohesiva de material	Fractura adhesiva	Fractura mixta
24 horas	Esmalte desmineralizado	Vitremer®	0% (0/10)	0% (0/10)	100% (10/10)	0% (0/10)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	5% (1/20)	25% (5/20)	65% (13/20)	5% (1/20)
		Riva LC	0% (0/18)	11% (2/18)	89% (16/18)	0% (0/18)
		Ionolux®	0% (0/18)	0% (0/18)	100% (18/18)	0% (0/18)
		GC Fuji II LC®	0% (0/19)	5% (1/19)	84% (16/19)	11% (2/19)
	Esmalte Sano	Vitremer®	0% (0/12)	0% (0/12)	100% (12/12)	0% (0/12)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	5% (1/20)	15% (3/20)	80% (16/20)	0% (0/20)
		Riva LC	0% (0/19)	0% (0/19)	100% (19/19)	0% (0/19)
		Ionolux®	0% (0/20)	0% (0/20)	100% (20/20)	0% (0/20)
		GC Fuji II LC®	0% (0/20)	0% (0/20)	100% (20/20)	0% (0/20)
	Dentina	Vitremer®	0% (0/20)	5% (1/20)	95% (19/20)	0% (0/20)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	0% (0/20)	0% (0/20)	100% (20/20)	0% (0/20)
		Riva LC	0% (0/16)	25% (4/16)	69% (11/16)	6% (1/16)
		Ionolux®	0% (0/15)	0% (0/15)	100% (15/15)	0% (0/15)
		GC Fuji II LC®	5% (1/19)	0% (0/19)	90% (17/19)	5% (1/19)
1 mes	Esmalte	Vitremer®	0% (0/14)	0% (0/14)	100% (14/14)	0% (0/14)

	desmineralizado	ACTIVA BioACTIVE Restorative	5% (1/20)	0% (0/20)	95% (19/20)	0% (0/20)
		Riva LC	0% (0/20)	10% (2/20)	85% (17/20)	5% (1/20)
		Ionolux®	0% (0/20)	0% (0/20)	95% (19/20)	5% (1/20)
		GC Fuji II LC®	0% (0/19)	0% (0/19)	95% (18/19)	5% (1/19)
	Esmalte sano	Vitremer®	0% (0/8)	0% (0/8)	100% (8/8)	0% (0/8)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	5% (1/20)	5% (1/20)	90% (18/20)	0% (0/20)
		Riva LC	0% (0/20)	10% (2/20)	90% (18/20)	0% (0/20)
		Ionolux®	5% (1/20)	0% (0/20)	95% (19/20)	0% (0/20)
		GC Fuji II LC®	0% (0/18)	6% (1/18)	94% (17/18)	0% (0/18)
	Dentina	Vitremer®	0% (0/17)	0% (0/17)	100% (17/17)	0% (0/17)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	0% (0/20)	5% (1/20)	95% (19/20)	0% (0/20)
		Riva LC	0% (0/18)	11% (2/18)	89% (16/18)	0% (0/18)
		Ionolux®	0% (0/19)	11% (2/19)	90% (17/19)	0% (0/19)
		GC Fuji II LC®	0% (0/19)	0% (0/19)	100% (19/19)	0% (0/19)
	3 meses	Esmalte desmineralizado	Vitremer®	0% (0/17)	0% (0/17)	100% (17/17)
ACTIVA BioACTIVE Restorative			0% (0/20)	10% (2/20)	90% (18/20)	0% (0/20)
Riva LC			0% (0/20)	0% (0/20)	100% (20/20)	0% (0/20)
Ionolux®			0% (0/14)	0% (0/14)	100% (14/14)	0% (0/14)
GC Fuji II LC®			7% (1/15)	0% (0/15)	93% (14/15)	0% (0/15)
Esmalte sano		Vitremer®	0% (0/8)	0% (0/8)	100% (8/8)	0% (0/8)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	0% (0/20)	5% (1/20)	90% (18/20)	5% (1/20)
		Riva LC	0% (0/19)	5% (1/19)	95% (18/19)	0% (0/19)
		Ionolux®	0% (0/17)	0% (0/17)	100% (17/17)	0% (0/17)

		GC Fuji II LC [®]	0% (0/9)	0% (0/9)	89% (8/9)	11% (1/9)
	Dentina	Vitremer [®]	0% (0/13)	0% (0/13)	100% (13/13)	0% (0/13)
		ACTIVA BioACTIVE Restorative	11% (2/19)	16% (3/19)	74% (14/19)	0% (0/19)
		Riva LC	0% (0/14)	7% (1/14)	93% (13/14)	0% (0/14)
		Ionolux [®]	0% (0/18)	0% (0/18)	100% (18/18)	0% (0/18)
		GC Fuji II LC [®]	0% (0/9)	0% (0/9)	100% (9/9)	0% (0/9)

6.4 Microscopio Electrónico de Barrido de emisión de campo

En esmalte sano ACTIVA BioACTIVE Restorative produce una unión íntima con el sustrato (Figura 19). En la Figura 20 se pueden apreciar las microdigitaciones del material en el esmalte grabado, al haberse producido un escalón durante la preparación.

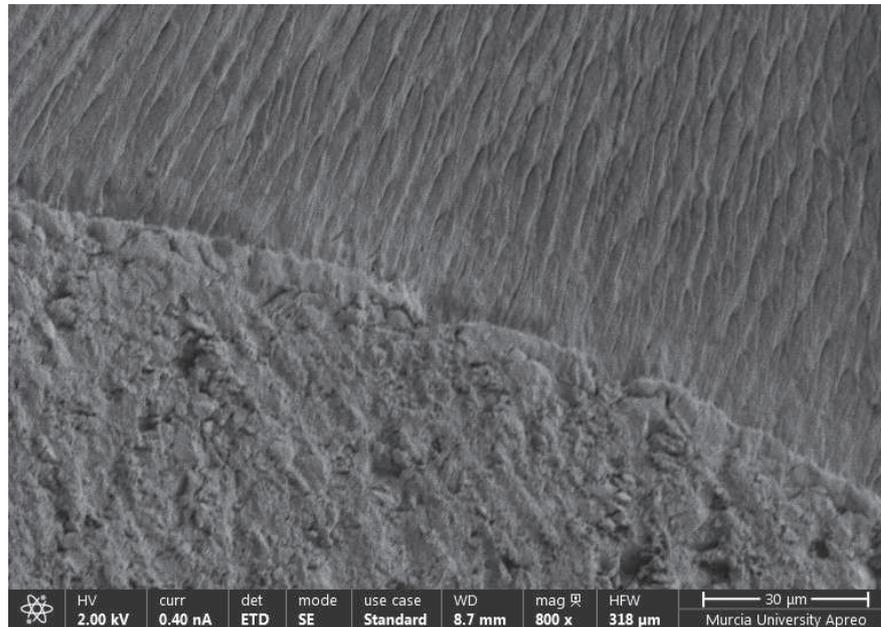


Figura 19. Esmalte sano, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 3 meses

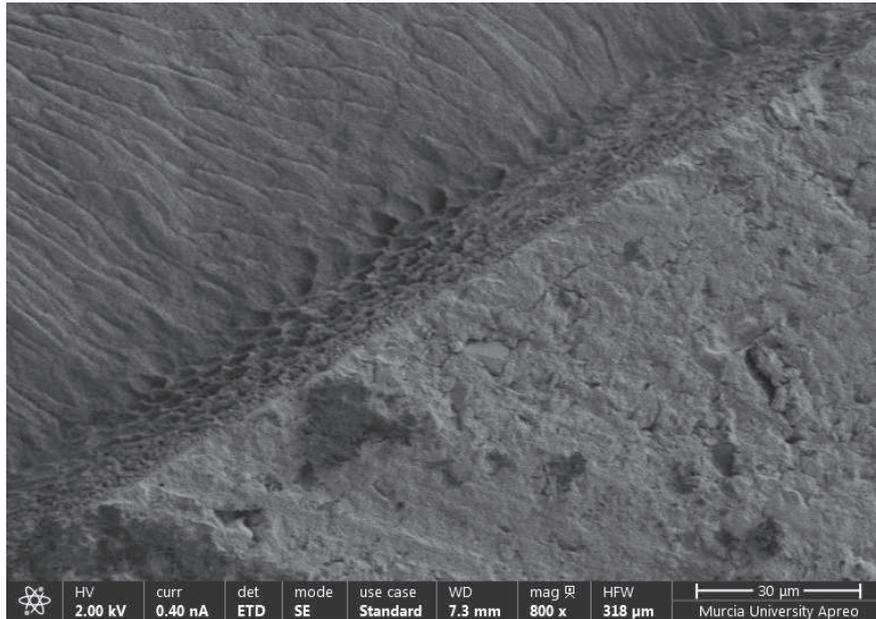


Figura 20. Esmalte sano, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 1 mes

En las microfotografías del resto de CIVMR no se observa una unión tan íntima como con el ACTIVA BioACTIVE Restorative, sino que la deshidratación durante la preparación de las muestras, necesaria para la visualización en el FESEM, ha provocado fracturas en las interfases entre los materiales y el esmalte sano. En el caso de Vitremer® la separación de la interfase es completa (Figura 21). Sin embargo, en los otros tres CIVMR (Riva LC (Figura 22), Ionolux® (figura 23) y GC Fuji II LC® (figura 24) se observan fracturas cohesivas del material en la interfase, indicando una mayor fuerza de adhesión al esmalte sano.

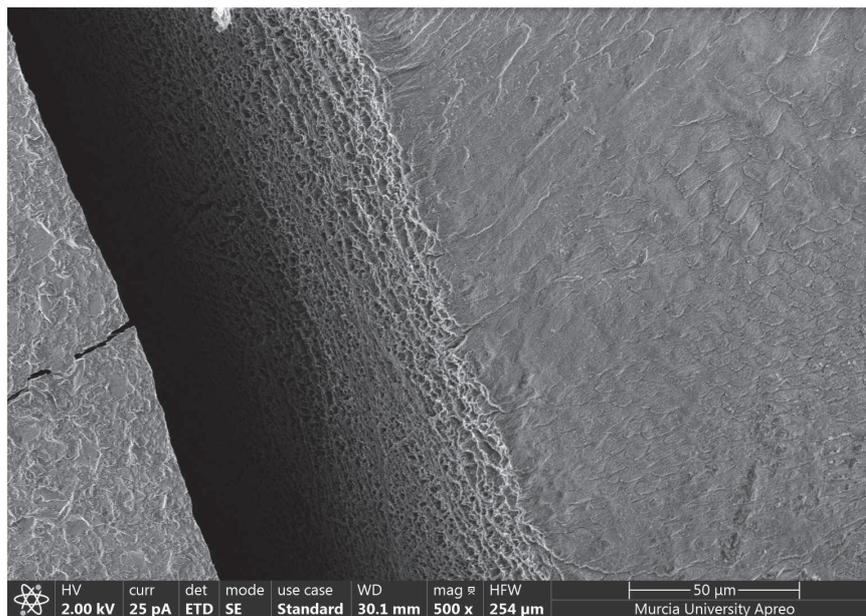


Figura 21. Esmalte sano, Vitremer®, 24 horas

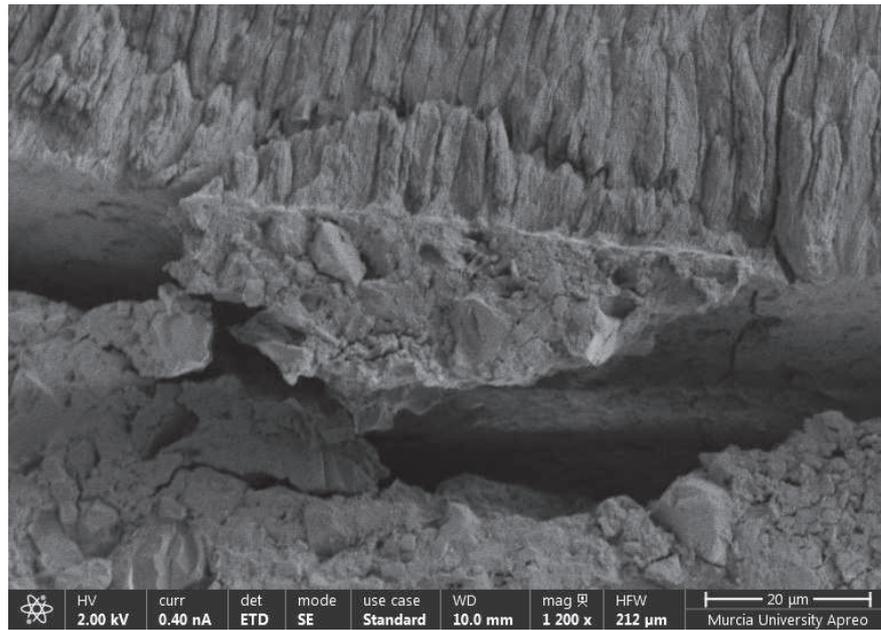


Figura 22. Esmalte sano, Riva LC 3, meses

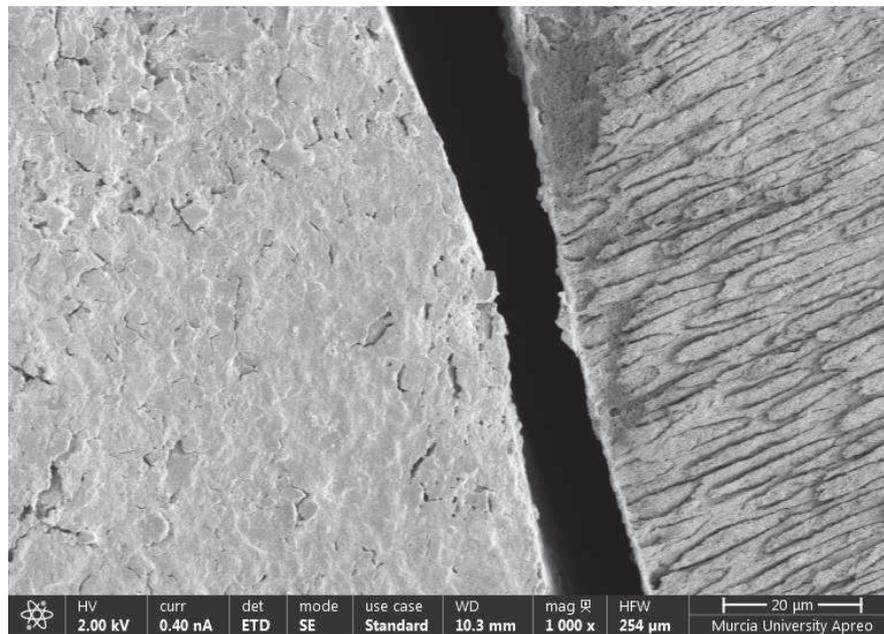


Figura 23. Esmalte sano, Ionolux®, 3 meses

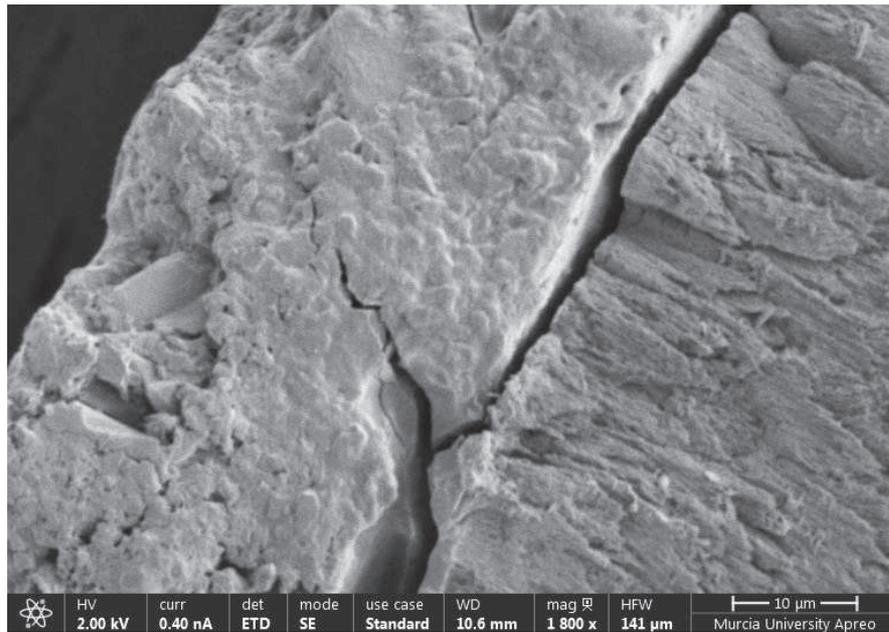


Figura 24. Esmalte sano, GC Fuji II LC[®], 3 meses

En esmalte desmineralizado observamos unas interfases similares a las del esmalte sano, con ACTIVA BioACTIVE Restorative produciendo una interfase de adhesión perfecta, donde se pueden apreciar con mayor nitidez y número las microindentaciones de resina en el sustrato facilitadas por la desmineralización y por el grabado ácido (Figura g). Las interfases del resto de CIVMR aparecen separadas por la deshidratación con fracturas cohesivas del material. (Figuras 25 a 29)

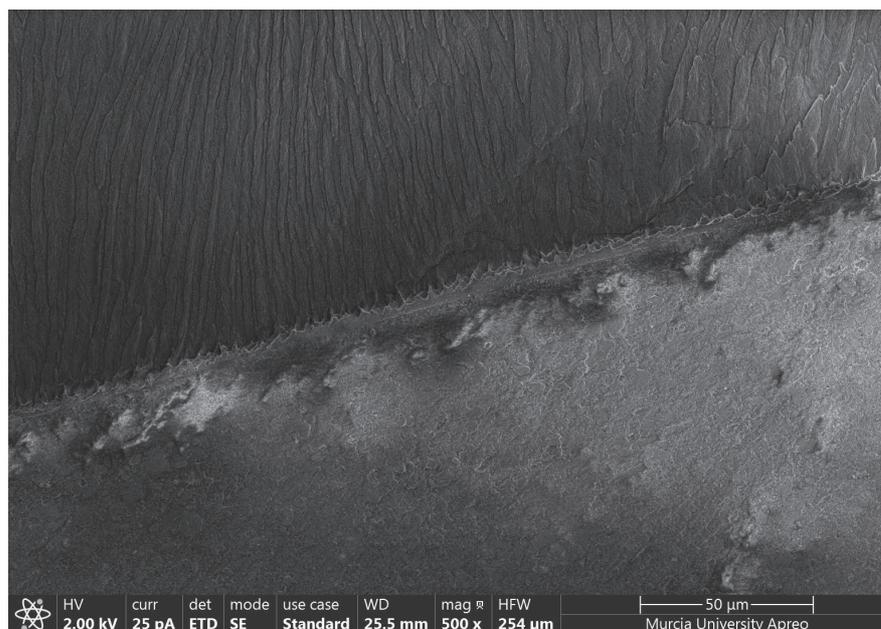


Figura 25: Esmalte desmineralizado, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 1 mes

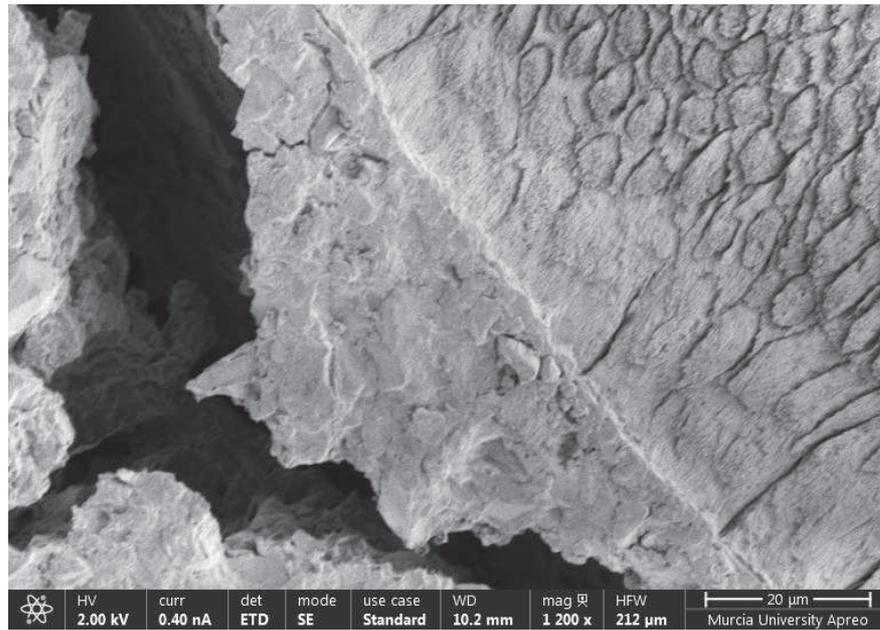


Figura 26. Esmalte desmineralizado, GC Fuji II LC®, 3 meses

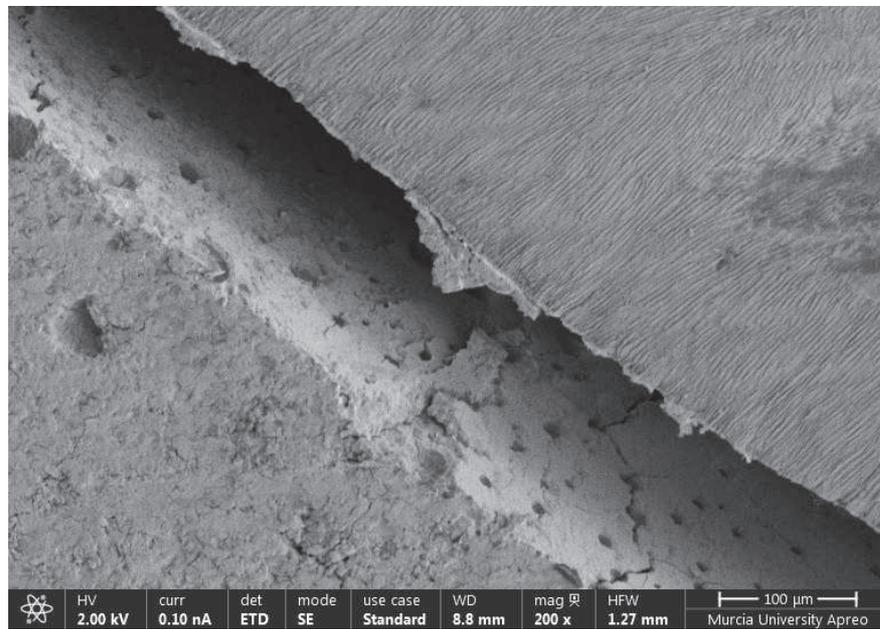


Figura 27. Esmalte desmineralizado, Riva LC, 1 mes

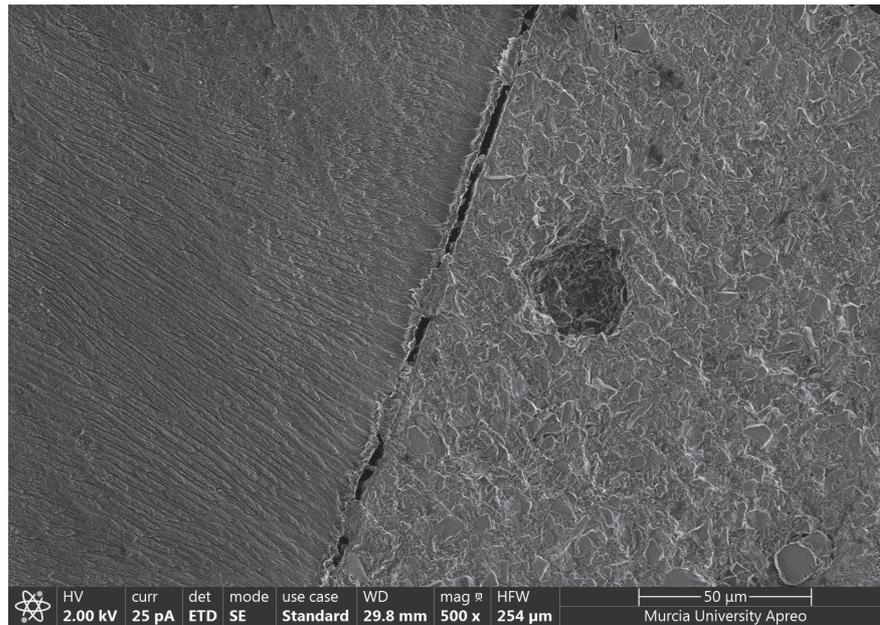


Figura 28: Esmalte desmineralizado, Ionolux®, 24horas

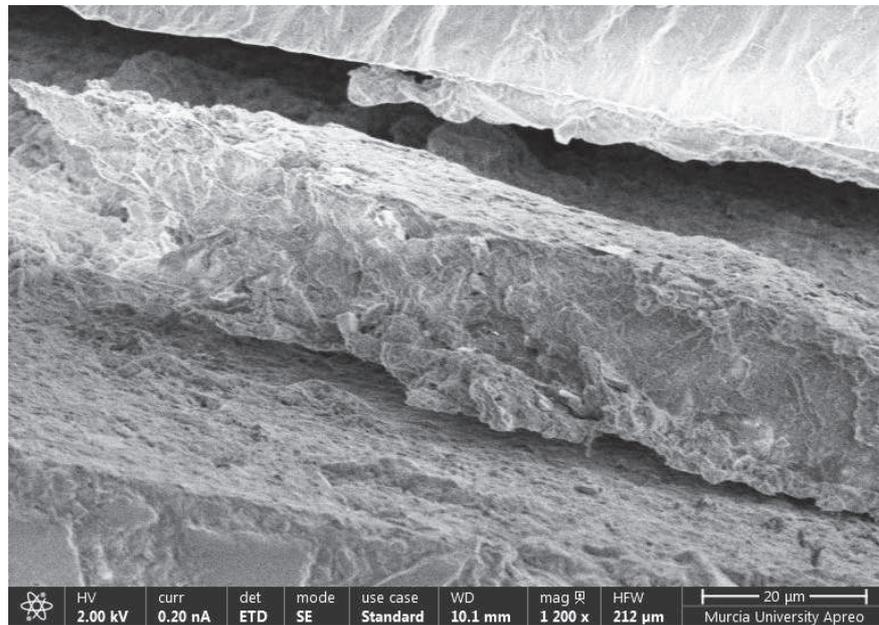


Figura 29. Esmalte desmineralizado, Vitremer®, 24 horas

En dentina, podemos observar como el ACTIVA BioACTIVE Restorative produce una interfase de unión típica de las resinas compuestas adheridas con grabado ácido total. En la Figura 30 podemos observar la presencia de una capa híbrida junto con tags de resina en el interior de los túbulos dentinarios.

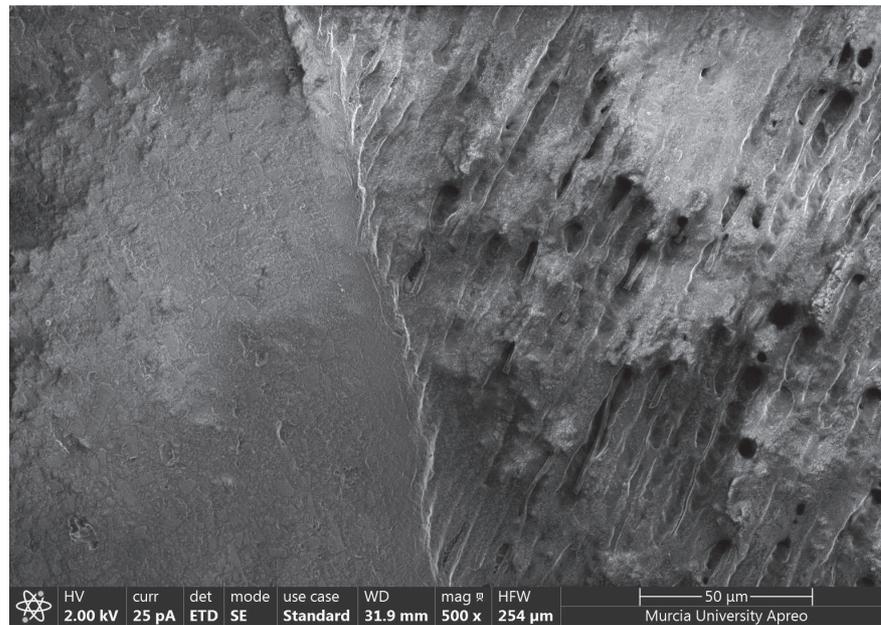


Figura 30. Dentina sana, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 24 horas

En el resto de CIVMR podemos observar en la interfase fracturas cohesivas debido a la deshidratación propia del procedimiento, pero también observamos interfases bien formadas con material fraguado dentro de los túbulos dentinarios (Figuras 31 a 34)

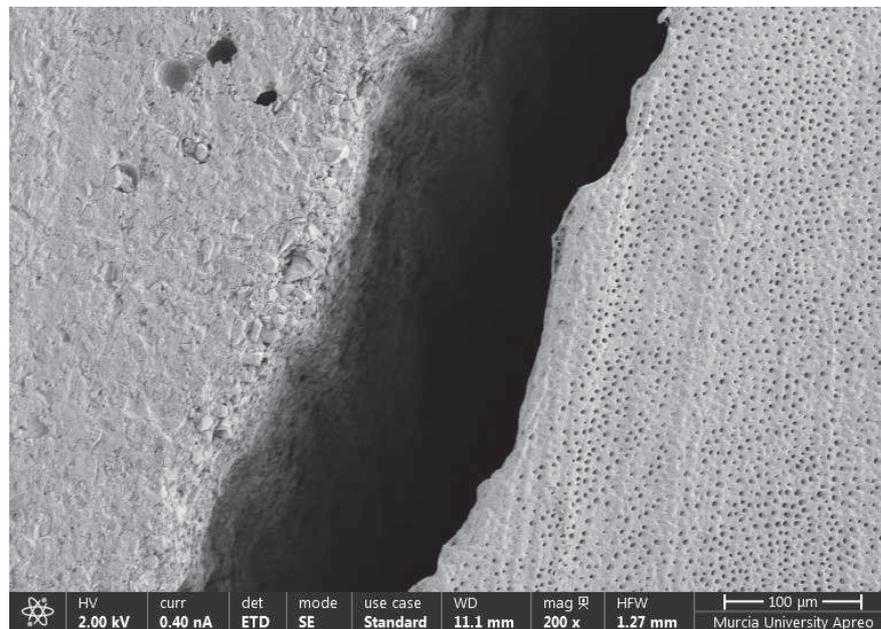


Figura 31. Dentina sana, Ionolux®, 3 meses

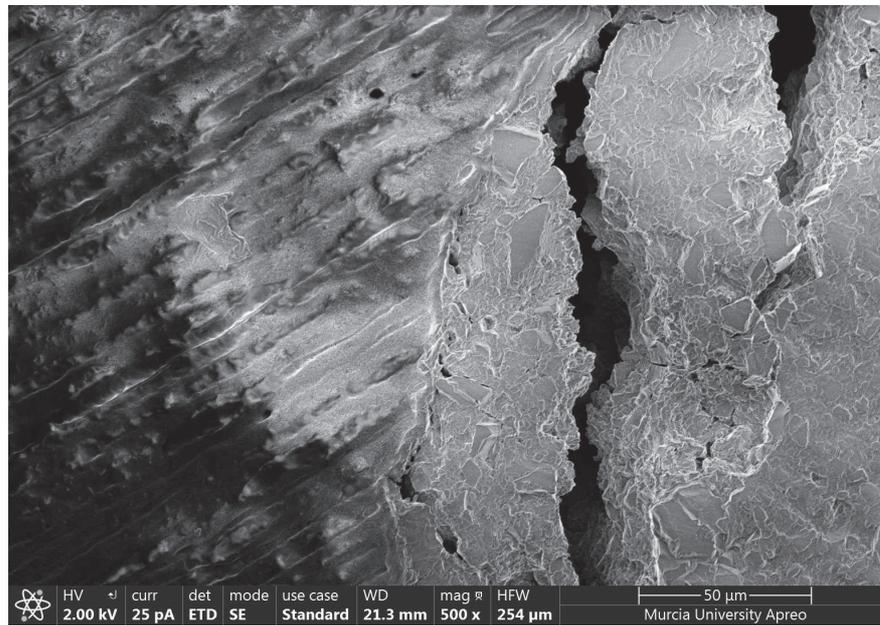


Figura 32. Dentina sana, Riva LC, 1 mes

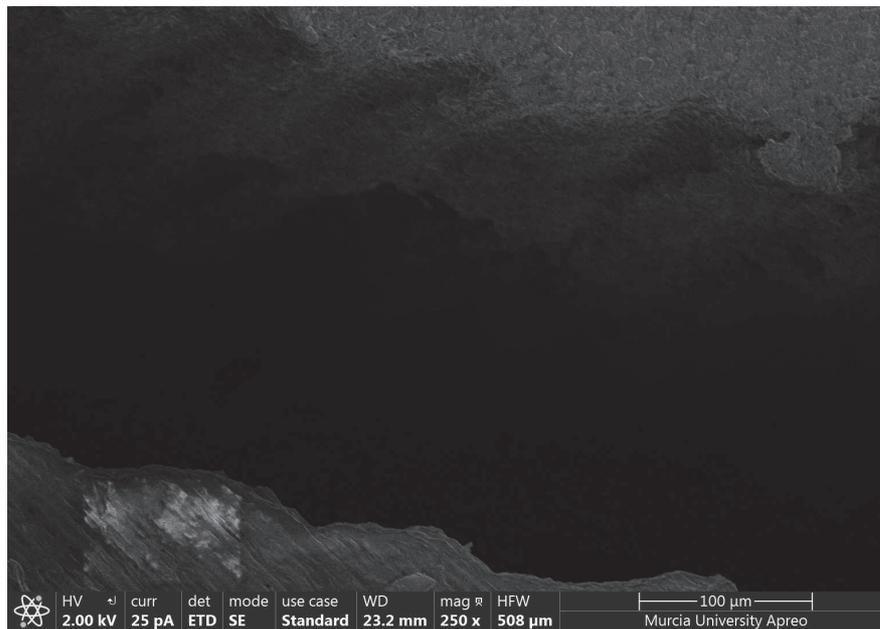


Figura 33. Dentina sana, Vitremer®, 24horas

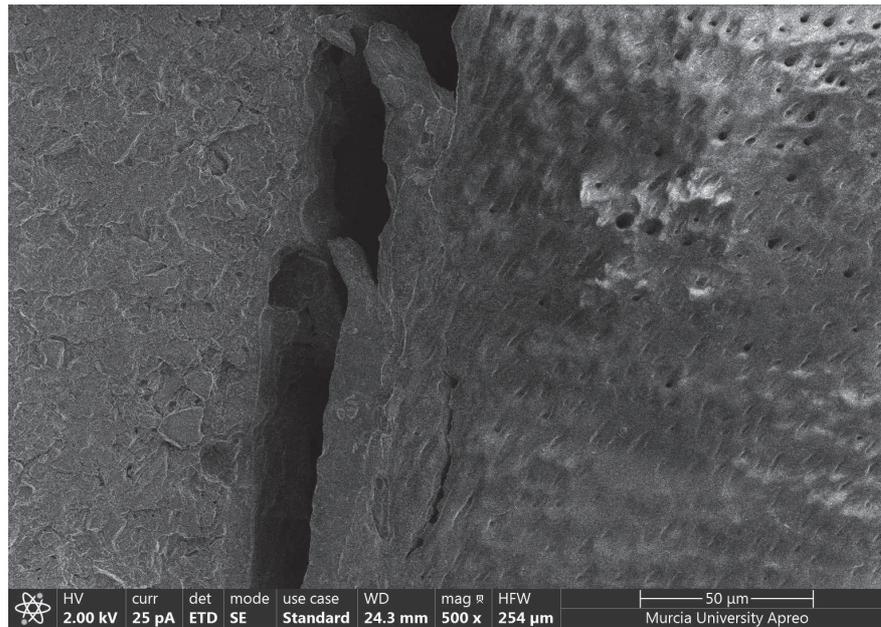


Figura 34. Dentina sana, GC Fuji II LC®, 24 horas

6.5 ANÁLISIS DE LIBERACIÓN DE FLUORURO

6.5.1 Tasa de liberación acumulada de fluoruro

Todos los ionómeros de vidrio modificados con resina presentaron una liberación continua del ion fluoruro durante los 30 días en los que estuvieron sumergidos en agua destilada. Vitremer® y Ionolux® son los que mayor concentración de fluoruro liberaron en todos los tiempos estudiados.

Cuando se estudió la influencia de los factores material y tiempo se observó que estos dos materiales tienen una interacción estadísticamente significativa ($p=0,024$). Es decir, la liberación acumulada de ion fluoruro fue diferente a lo largo del tiempo en función del tipo de material. Así, ACTIVA BioACTIVE Restorative tiene una liberación pequeña y mantenida en el tiempo, Vitremer® e Ionolux® tienen una gran liberación inicial que se incrementa continuamente hasta los 30 días, y Riva LC GC y Fuji II LC® presentaron un comportamiento intermedio. (Figuras 35 y 36; Tabla 7)

Tabla 7. Tasa de liberación acumulada de flúor

Material	Tiempo	Media±SD (ppm/g)	Mediana (ppm/g)
Vitremer®	24h	213,17±26,32	206,47
	48h	293,08±113,70	307,21
	7d	339,93±81,03	360,54
	14d	611,10±209,93	692,09
	30d	635,99±305,38	758,50
ACTIVA BioACTIVE Restorative	24h	10,94±3,27	10,09
	48h	13,80±2,19	13,74
	7d	21,97±1,18	21,80
	14d	29,26±0,69	29,37
	30d	39,10±2,16	39,74
Riva LC	24h	43,92±46,90	22,44
	48h	67,37±26,73	57,04
	7d	177,11±16,84	184,27
	14d	224,13±64,71	256,09
	30d	295,93±27,12	310,33
Ionolux®	24h	197,76±23,58	203,49
	48h	229,06±86,35	252,11
	7d	315,41±163,24	374,79
	14d	448,92±50,48	461,65
	30d	501,21±138,71	546,11
GC Fuji II LC®	24h	82,32±28,57	87,88
	48h	115,85±49,68	126,47
	7d	145,82±41,12	167,71
	14d	191,60±55,84	197,83
	30d	371,74±61,18	399,78

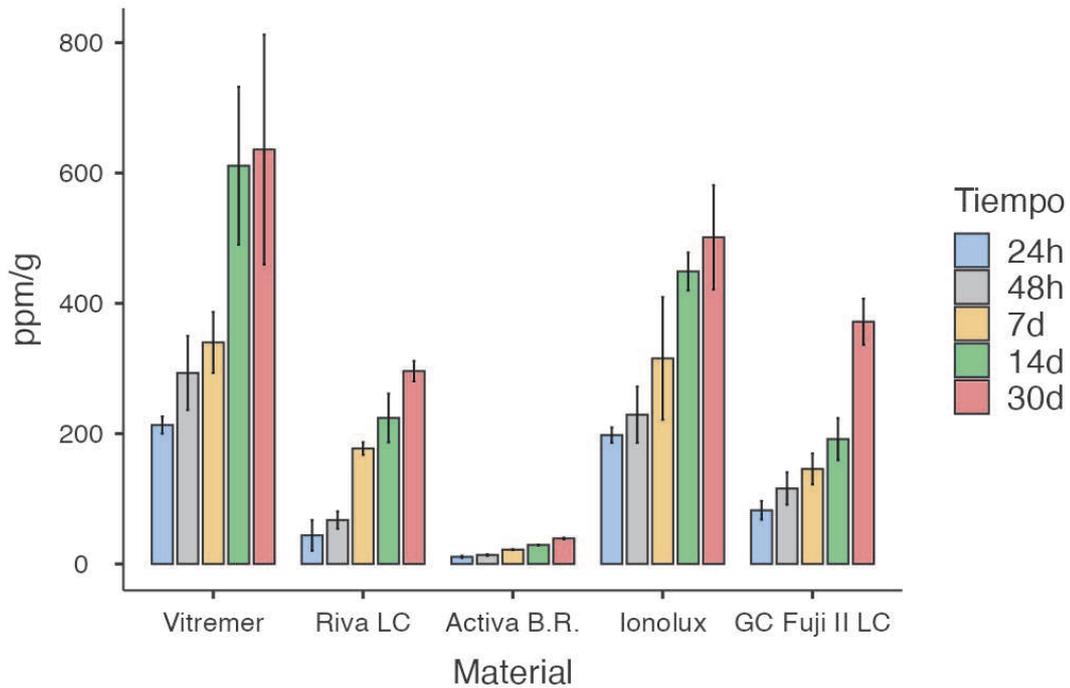


Figura 35. Tasa de liberación acumulada de fluoruro de cada material

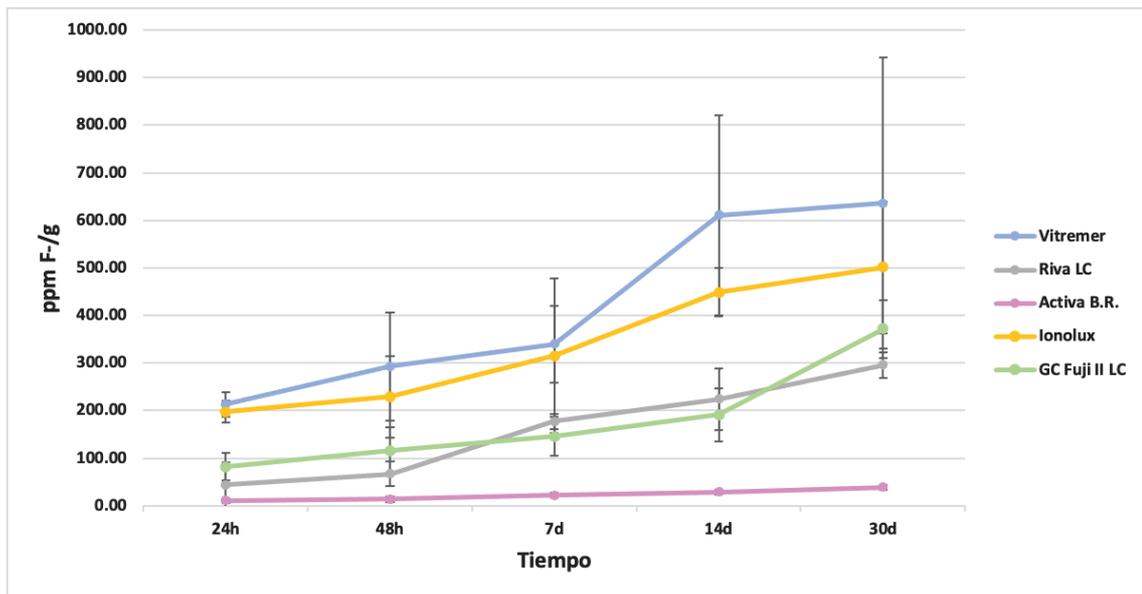


Figura 36. Tasa de liberación acumulada de fluoruro a lo largo del tiempo

6.5.2 Tasa de liberación de flúor diaria

Hubo una interacción estadísticamente significativa entre los factores tiempo y material en relación con la tasa de liberación diaria de fluoruro ($p < 0,001$). Los IVMR que mayor cantidad de fluoruro liberaron a las 24 horas fueron Vitremer® (225,30 ppm/g) e Ionolux® (207,59 ppm/g). Le siguieron GC Fuji II LC® (93,31ppm/g), Riva LC (39,00 ppm/g) y

ACTIVA BioACTIVE Restorative (10,50 ppm/g). La tasa de liberación fue mayor durante las primeras 24 horas y a partir de ahí se redujo de forma significativa en todos los materiales. A los 30 días Ionolux® mantuvo una liberación de 183,37ppm/g, seguido de Vitremer® (130,20 ppm/g), GC Fuji II LC® (82,95ppm/g), Riva LC (68,29ppm/g) y ACTIVA BioACTIVE Restorative (7,84ppm/g). (Figuras 37 y 38; Tabla 8).

Tabla 8. Tasa de liberación de flúor diaria

Material	Tiempo	Media±SD (ppm/g)	Mediana (ppm/g)
Vitremer®	24h	225,30±26,28	223,37
	48h	83,33±20,72	80,78
	7d	135,05±22,68	146,54
	14d	98,96±10,58	96,79
	30d	130,20±6,08	133,64
ACTIVA BioACTIVE Restorative	24h	10,50±0,85	10,26
	48h	3,89±1,78	3,17
	7d	8,17±0,40	8,16
	14d	5,09±0,35	5,11
	30d	7,84±1,92	6,76
Riva LC	24h	39,00±33,37	23,97
	48h	18,26±15,36	10,73
	7d	72,53±11,80	78,26
	14d	62,42±2,57	63,70
	30d	68,29±3,27	69,55
Ionolux®	24h	207,59±48,43	230,94
	48h	154,08±32,99	158,65
	7d	215,13±42,14	232,57
	14d	181,24±21,52	186,94
	30d	183,37±19,71	183,56
GC Fuji II LC®	24h	93,31±16,59	93,09
	48h	28,29±6,88	28,31
	7d	60,98±4,80	58,55
	14d	59,16±3,21	60,72
	30d	82,95±5,66	81,94

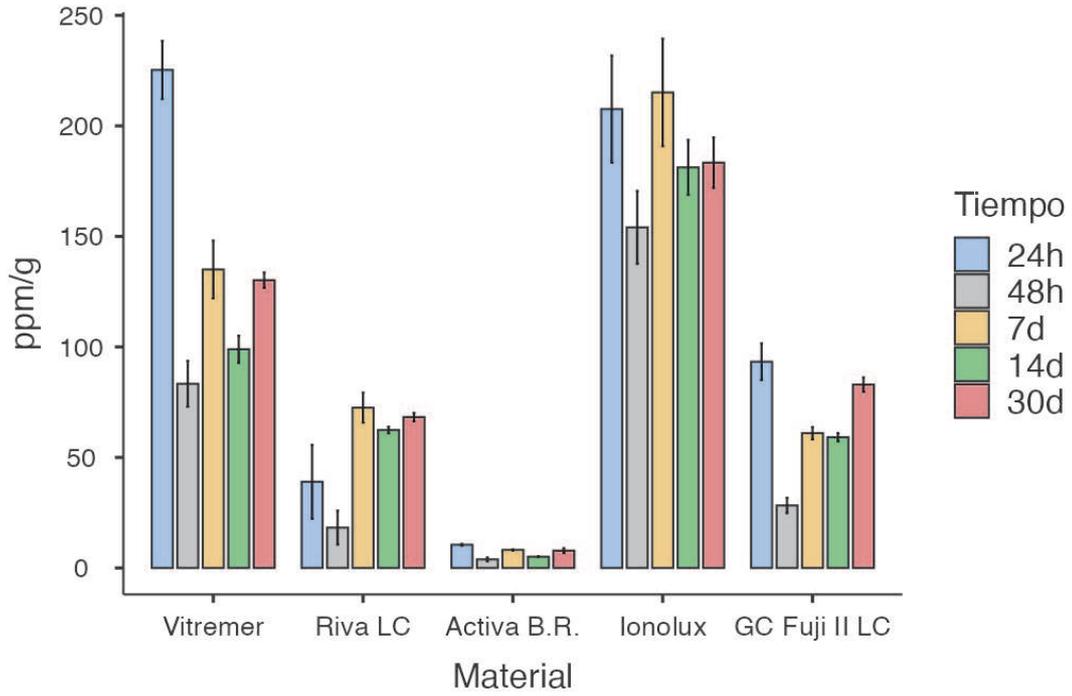


Figura 37. Tasa de liberación de fluoruro diaria de cada material

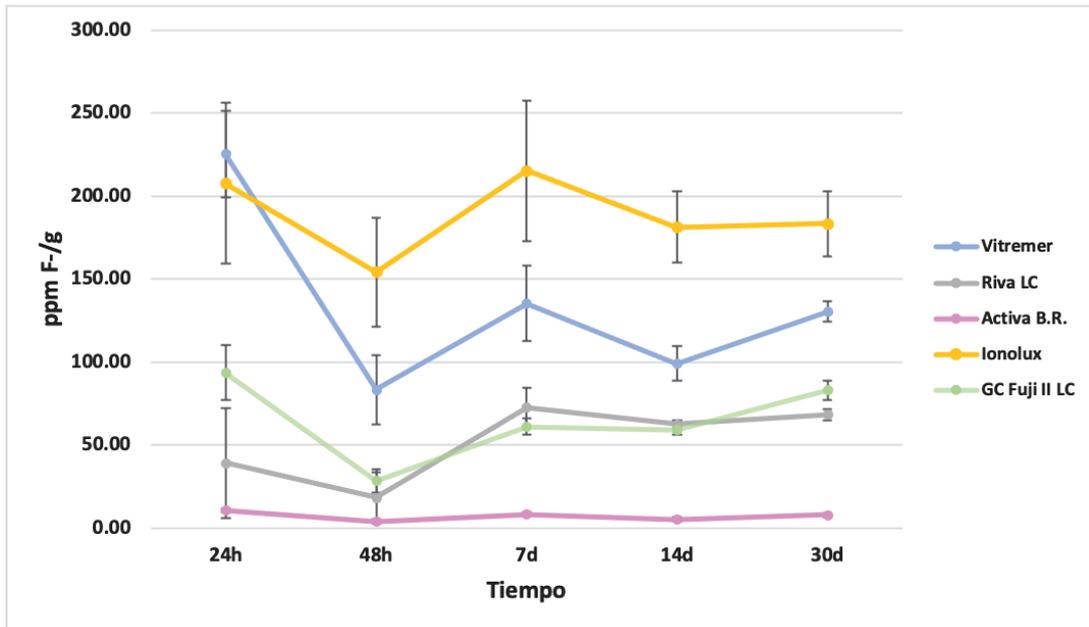


Figura 38. Tasa de liberación de flúor diaria a lo largo del tiempo

DISCUSIÓN

1. Discusión del método

Para el desarrollo de nuestro estudio se han utilizado dientes de origen bovino. La utilización de dientes humanos debería ser la opción ideal, ya que probaría de manera más acertada la hipótesis, sin embargo, cada vez resulta más difícil encontrar dientes de origen humano en cantidad suficiente para hacer estudios experimentales debido al enfoque terapéutico actual para el manejo de la caries, donde el objetivo es la preservación de la estructura dental (OMI) (Murdoch-Kinch & McLEAN, 2003). Además, la heterogeneidad de las muestras (edad y origen) que puede introducir sesgo en los resultados y el riesgo de infección cruzada, así como diversas cuestiones éticas, ha dado lugar a un uso más limitado de dientes de origen humano (Yassen, Platt y Hara, 2011). Estudios previos han demostrado que el esmalte bovino y el humano son similares en sus propiedades físicas, composición, estructura cristalina y fuerza de adhesión a los humanos. El esmalte bovino es un buen sustituto del esmalte humano en estudios de adhesión, aunque se pueden esperar valores de unión ligeramente más bajos. A pesar de ello, parecen ser los más adecuados para la sustitución de dientes humanos en investigación (Nakamichi, Iwaku y Fusayama, 1983), (Oesterle, Shellhart y Belanger 1998), (Ortiz-Ruiz et al., 2018). Por lo tanto, para este trabajo, se usaron incisivos mandibulares bovinos porque estaban fácilmente disponibles, su obtención fue económica, y tenían una gran similitud morfológica con los humanos.

La manera más efectiva de estudiar un material debería ser en las condiciones exactas de uso. Sin embargo, hay aspectos muy importantes del análisis de las propiedades de un material que no son posibles en la experimentación in vivo, como es el potencial de adhesión de un sistema de unión a esmalte o dentina y determinar la influencia de muchos factores que pueden intervenir en la calidad o en la longevidad de una restauración.

En teoría, las pruebas in vitro de unión a la dentina deberían permitir medir la fuerza de unión de un sistema adhesivo pero, desafortunadamente, no han presentado el resultado esperado en predicción de la efectividad in vivo, debido a la gran cantidad de factores que influyen en el resultado (Leloup, D'Hoore, Bouter, Degrange y Vreven, 2001), a las complejas condiciones del medio oral (humedad, temperatura, acidez, nivel de placa...) a las que los

materiales están continuamente expuestos y que son difíciles de imitar en el laboratorio (Van Meerbeek et al., 2010), así como a la falta de seguimiento de un protocolo estandarizado. Aunque los parámetros relacionados con el diseño de la prueba y las condiciones experimentales podrían controlarse mediante los protocolos recomendados por las normas ISO para la adhesión a los tejidos dentales, desafortunadamente estos estándares se aplican rigurosamente en muy pocos casos y hay una gran variedad de protocolos de actuación entre los cuales existen diferencias en cuanto al sustrato, material, método de conservación post-extracción o intensidad y tiempo de polimerización, entre otros. Por ello, puede ser difícil contrastar los resultados de diferentes estudios de adhesión (Leloup et al., 2001) (Krifka et al., 2008). Al comparar datos de resistencia de unión y modos de fractura in vitro entre dientes temporales de origen humano y de origen bovino y no observar diferencias estadísticas, Nakamichi et al. (1983) propusieron los dientes bovinos como sustitutos en la prueba de adhesión al igual que Oesterle et al. (1998), por lo que éstos pueden considerarse una alternativa adecuada a los dientes humanos en las pruebas de resistencia de la unión para la dentición permanente y primaria.

En relación a estudios similares al presente que midan valores de RFC, se ha observado que el material GC Fuji II LC[®] es el más utilizado en los estudios de adhesión de IVMR en dentina y esmalte y, al contrastar los datos con los de nuestro trabajo, en dentina, destacan 2 estudios por presentar valores muy superiores: Go, Park, Lee y Seo (2019) con 18.72Mpa y Rifai et al. (2022) con 17.37Mpa, y otros 3 por presentar valores muy inferiores Moradian, Jafarpour, Saadat y Tahmasebi (2021) con 2.09Mpa, Bhatia, Nayak y Ginjupalli (2022) con 2.47Mpa y Panahandeh, Adinehlou, Sheikh-Al-Eslamian y Torabzadeh (2021) con 2.37 Mpa. Esto crea dudas sobre la validación de los datos y refuerza la idea de la necesidad de unificar criterios y metodologías, incluso con el uso de las máquinas de ensayo en los estudios de adhesión, debido a la contemporaneidad de dichas investigaciones.

Al analizar el líquido de conservación para las muestras, parece que no es demasiado relevante, como observamos en el trabajo de Glasspoole, Erikson y Davidson (2002), quienes usaron el mismo sustrato que en el presente estudio, dientes bovinos, y una metodología similar, con la única diferencia de que se almacenaron las muestras en agua en lugar de en saliva artificial. Esto no influyó en la adhesión ya que se obtuvieron datos de adhesión

similares al comparar los valores de los materiales GC Fuji II LC® y Vitremer® en ambos estudios.

Se ha podido constatar que no existe un protocolo estandarizado para analizar el tipo de fracturas que se produce tras el despegamiento en los estudios de adhesión. En el presente trabajo se ha utilizado la clasificación de Burke et al. (2002). Esta clasificación establece 4 categorías. Si está afectada más del 50% de una superficie por la fractura se denomina fractura adhesiva (interfase), cohesiva de material y cohesiva de esmalte, y si es del 50% y afecta a dos superficies se denomina fractura mixta. Hemos tenido una gran dificultad de comparar nuestro trabajo con otros al usarse diferentes criterios de clasificación, por lo que existiría la necesidad de definir un protocolo estandarizado de clasificación de las fracturas en una interfase adhesiva, como se ha mencionado con anterioridad.

66

El análisis de la liberación de flúor se ha realizado con una técnica electroquímica a través de un sensor ion-específico. Otros métodos de medición de flúor son la espectrometría de masas, espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), espectrometría por absorción atómica (AAS) y espectrometría por absorción molecular (MAS), la fluorescencia y la espectrometría UV-visible. La técnica electroquímica usa los electrodos selectivos de iones, en este caso ion fluoruro, proporcionando una medición cuantitativa y precisa de la concentración del ion específico que está disperso en una solución líquida a potencial y se puede medir con un multímetro. Es la técnica más rápida de detección de iones fluoruro y es menos costoso que AAS o la cromatografía iónica, es fácil su utilización, rápido de manejar, no destructivo y se puede usar directamente en soluciones viscosas. Para la espectrometría de masas, el ion debe medirse en su forma gaseosa, para la técnica ICP-MS, es necesaria la colaboración de operadores altamente cualificados y la técnica de fluorescencia precisa de grandes cantidades de muestra en los procedimientos de análisis. Además, este método con detección de iones determina concentraciones entre 0.001mg/L y 20.000mg/L y los métodos de detección de flúor con sondas colorimétricas (Espectrometría UV-visible) presentan un límite de detección de 1,9mg/L. En el presente trabajo se han obtenido valores entre 2.15mg/L y 981.55mg/L (Solanki, Agarwal, Gupta, Gupta y Shukla, 2022), (Dhillon, Nair y Kumar, 2016).

2. Discusión de los resultados

No todas las muestras realizadas pudieron ser analizadas con la prueba de resistencia a las fuerzas de cizalla ya que existieron fallos pre-test. El material ACTIVA BioACTIVE Restorative sólo presentó 1 fallo pre-test, mientras que Vitremer® presentó la mayor cantidad. A las 24 horas, ACTIVA BioACTIVE Restorative no presentó ninguno, coincidiendo con el hecho de ser el material que mayores valores de fuerza de adhesión presentó, similares a las RRCC (Mendonça et al., 2018). Sin embargo, 8 muestras de Vitremer® en esmalte sano y 6 en esmalte desmineralizado se desprendieron antes del test. Estas pérdidas ya fueron descritas por Fritz y Uno (1996). De todos los materiales estudiados, Vitremer® es el más antiguo en el mercado y, en general, presentó los valores más bajos en adhesión. Cuando analizamos las pérdidas en función del sustrato observamos que ni Vitremer® ni ACTIVA BioACTIVE Restorative presentaron fallos pre-test a las 24 horas en dentina, mientras que el resto de los materiales tuvieron la mayor cantidad en esta superficie. Esto se podría explicar porque son los únicos materiales que utilizan un sistema de adhesión (Prime & Bond Active™ y Vitremer® Primer) que formaría una capa híbrida con la dentina (da Silva Telles, Machado y Nor, 2001) (Khoroushi, Hosseini-Shirazi y Soleiman, 2013).

67

Al mes, ACTIVA BioACTIVE Restorative se comporta igual que a las 24 horas, sin existir ningún fracaso y Vitremer® presentó el mayor número de pérdidas en ambos tipos de esmalte y también en dentina. Y a los tres meses el número de fallos totales se incrementó en todas las superficies y materiales, destacando GC Fuji II LC® y Vitremer®. Este aumento de fallos podría explicarse por la degradación hidrolítica de la interfase que aumenta el fracaso de las restauraciones (Panpisut & Toneluck, 2020)

En los CIVMR existen 2 tipos de adhesión. Por un lado, se produce una adhesión química entre el ionómero y la superficie del diente mediante una reacción de quelación con el componente inorgánico de la estructura del diente (Ca^{2+}), similar a la reacción de fraguado del material (Cunningham y Meiers, 1997). Por otro lado, los CIVMR presentan, en esmalte, la adhesión de la resina al diente por microrretención, debido a la retención por las microporosidades generadas en los prismas por el grabado ácido y, en dentina, la adhesión generada por la formación de la capa híbrida entre las fibras de colágeno y la resina, ocupando el espesor de la dentina desmineralizada (Van Meerbeek, 2003).

La mayoría de los estudios de adhesión de CIVMR publicados se han realizado sobre dentina. En el presente trabajo se ha estudiado también la adhesión sobre esmalte sano y esmalte desmineralizado, ya que se ha considerado que las restauraciones actuales abarcan las tres superficies.

Los valores de RFC obtenidos en nuestro estudio se han comparado con los de otros estudios sobre esmalte sano y dentina. No hemos encontrado trabajos que estudien la fuerza de adhesión de los CIVMR sobre esmalte desmineralizado. Los valores de RFC en esmalte desmineralizado han sido elevados: GC Fuji II LC[®] a las 24h 18.70Mpa, ACTIVA BioACTIVE Restorative a 1 mes 33.63Mpa, Riva LC a 1 mes 18.41Mpa, Vitremer[®] a 3 meses 12.79Mpa, Ionolux[®] a 3 meses 18.15Mpa. Si los altos valores a las 24 horas podrían explicarse por la penetración del material en los microporos existentes en la superficie del esmalte desmineralizado, como ya se ha publicado con relación a los composites (Ortiz-Ruiz et al, 2021), el incremento en esos valores a los tres meses sería debido, además, a la remineralización provocada por la liberación continua de fluoruro propia de estos materiales (Wiegand et al., 2007), (Phonghanyudh et al., 2014). De esta forma, Vitremer[®] pasa de 4.63Mpa a las 24 h a 12.79Mpa a los 3 meses, ACTIVA BioACTIVE Restorative de 20.41Mpa a 30.46Mpa, Riva LC de 13.01Mpa a 17.12Mpa, Ionolux[®] de 9.13Mpa a 18.15Mpa y GC Fuji II LC[®] de 14.84Mpa a 18.91Mpa. Estos resultados justifican la aplicación clínica de los CIVMR con técnicas de mínima intervención en dentición temporal, en la que dejamos esmalte desmineralizado potencialmente remineralizable.

En esmalte sano también mejoraron, con el paso del tiempo, los valores de RFC de casi todos los CIVMR estudiados. Este hallazgo también fue descrito por Fritz y Uno (1996), tras el envejecimiento de las muestras. Esta mejora en esmalte sano y desmineralizado se debe a que el CIV prolonga su fraguado a lo largo del tiempo y genera una capa híbrida muy pequeña, en comparación con la dentina. Esto hace que la interfase con el esmalte sea menos susceptible al deterioro por el agua (Ferracane, 2006) (Okuda, Pereira, Nakajima, Tagami y Pashley, 2002).

En dentina, cuando realizamos el análisis factorial “sustrato*tiempo” observamos que el paso del tiempo no influyó de forma significativa en los valores de la RFC, al igual que sucedió en el trabajo de Manso, Chander, Campbell, Palma-Dibb y Carvalho (2020) tras seis

meses de almacenamiento/envejecimiento de las muestras. Sin embargo, al observar el comportamiento individual de cada material sí detectamos diferencias. Vitremer® reduce sus valores desde 11,93 MPa a 8,92Mpa y 6,13Mpa; Riva LC desde 10,58Mpa a 7,11 Mpa y 5,75Mpa; GC Fuji II LC® desde 9,60Mpa a 5,30Mpa y 3,68Mpa. ACTIVA BioACTIVE Restorative aumenta sus valores desde 11,30Mpa a 11,02Mpa y 17,04Mpa. Ionolux® tiene un comportamiento diferente 6,73Mpa a 8,64Mpa y 4,76Mpa. Rezvani et al. (2019) y Malekhoseini et al. (2021), que analizaron GC Fuji II LC® en dentina, observaron que los valores de adhesión aumentaron con el paso del tiempo y no encontraron explicación para esta diferencia.

Los valores más bajos que se obtuvieron en esmalte sano los presentó Vitremer®, similares a otros trabajos publicados como Glasspoole et al. (2002) (7,2Mpa), y Fritz y Uno (1996), (4.0Mpa). De hecho, en las microfotografías puede observarse una separación completa de la interfase adhesiva (Figura 21). Se ha especulado sobre el uso de otro pre-tratamiento del esmalte para la aplicación de Vitremer® y con ello mejorar sus resultados. Entre ellos, se encuentra el uso de ácido poliacrílico o ácido ortofosfórico o un agente de adhesión de nueva generación, los cuales podrían aumentar la integridad de la interfase (Tam, Dev y Pilliar, 1995). De hecho, Glasspoole et al. (2002) observaron que la fuerza de adhesión de Vitremer® sin ningún tratamiento de superficie no era significativamente distinta del uso del primer de Vitremer® (5,0 – 7.2 Mpa). Sin embargo, estos valores mejoraron significativamente con la aplicación de ácido poliacrílico (17 MPa) y con la utilización de ácido ortofosfórico al 35% (18.4 Mpa), explicable por las microporosidades obtenidas con los ácidos, como hemos podido observar en las microfotografías. Vitremer® presentó valores de adhesión similares en los tres sustratos estudiados: dentina, esmalte sano y esmalte desmineralizado. Sin embargo, en dentina a 24 horas presentó mejores valores de adhesión que en esmalte, resultados similares a los hallados en el estudio de Swift, Pawlus y Vargas (1995). Esto puede explicarse por la creación de una capa híbrida entre el colágeno de la dentina y los componentes difusibles del sistema adhesivo (da Silva Telles et al., 2001).

Los valores más elevados de fuerza de adhesión los presentó el ACTIVA BioACTIVE Restorative, similares a los publicados por otros autores Nijhawan, Jasuja, Sharma, khurana y Gakhar (2019). Estos valores se parecen más a los conseguidos por las RRCC que por los

CIVMR (18.99 Mpa Premise Flow Kerr, Poorzandpoush, Shahrabi, Heidari y Hosseinipour (2019)), (29.2 Mpa Filtek Suprem Ultra 3M, Mendonça et al. (2018)). De hecho, el método de aplicación de este material fue similar al de los composites, con un grabado con ácido ortofosfórico al 37% y un adhesivo universal (Prime & Bond Active™). Las imágenes del FESEM muestran una interfase perfecta como consecuencia del efecto del grabado ácido en el esmalte creando microporos y microrretenciones del adhesivo de resina (Figuras a y b). En estudios donde se aplicó un adhesivo autograbante los valores de fuerza adhesiva disminuyeron en esmalte, pero se incrementaron en dentina (Michou et al., 2018) (Francois et al., 2019).

70

Sin embargo, Nanavati et al. (2021) y Kunal Bhatia (2022) hallaron valores de adhesión muy inferiores, probablemente debido al uso como sustrato de molares temporales, que presentan menor grosor de dentina y los túbulos dentinarios son rectos (Chowdhary & Reddy, 2010), con tags de resina menos retentivos debido a la falta de angulación de los túbulos dentinarios. Desde hace tiempo son conocidos los menores valores de fuerza adhesiva en dentición temporal comparada con la dentición permanente (Bordin-Aykroyd, Sefton y Davies, 1992)

No hemos encontrado ningún estudio publicado sobre la adhesión del Riva LC en esmalte. Presentó valores similares a Ionolux® y GC Fuji II LC®, que son los materiales que presentan unas características más parecidas tanto en composición, como en modo de uso y manipulación. En los tres materiales se ha usado el ácido poliacrílico como acondicionador del esmalte, que produce un suave patrón de grabado en el esmalte para crear microrretenciones del material en el esmalte y elimina parcialmente el barrillo dentinario permitiendo al material penetrar en la capa superficial de la dentina, creando una zona de unión física del ionómero con la dentina (Imbery et al., 2013). Con relación a la dentina, Imbery et al. (2013) obtuvieron con Riva LC valores inferiores al de nuestro estudio que podría estar justificado por las diferencias en la presentación del material, en polvo y líquido, y en la manipulación. A pesar de que los CIVMR son considerados hidrofílicos, éstos no actúan bien en presencia de humedad, resultando en interacciones fisicoquímicas muy débiles entre el material y la dentina desmineralizada y húmeda, por lo que la manipulación afectaría (Mauro, Sundfeld, Brendan-Russo y Braga Briso, 2009).

En Ionolux[®], hemos encontrado sólo un trabajo en esmalte, Khoroushi et al. (2013) y otro estudio en dentina, Poorzandpoush et al. (2019) en ambos se obtuvieron valores similares a los de nuestro estudio. Aunque en las instrucciones del fabricante no se indica la utilización de ningún tipo de pretratamiento de superficie, nosotros hemos usado como acondicionador de superficie el ácido poliacrílico para equiparar las condiciones de uso al de los otros ionómeros. Para (Khoroushi et al., 2013) el uso previo de un acondicionador, en su caso el ácido ortofosfórico, no parece influir significativamente sobre la fuerza de adhesión del Ionolux[®]

El material GC Fuji II LC[®] podría ser considerado el referente para comparar la adhesión de los CIVMR ya que el mayor número de estudios se han realizado con este material. En nuestro trabajo, en esmalte se obtuvieron valores altos de adhesión, lo cual coincide con los trabajos existentes, a excepción de Harahap, Rahmi y Winni (2022), donde utilizaron un grabado ácido diferente. Los acondicionadores mejoran significativamente la adhesión al esmalte de los CIV y la unión micromecánica puede desempeñar un papel fundamental en el mecanismo de unión del ionómero al esmalte (Glasspoole et al., 2002).

Una buena fotopolimerización del GC Fuji II LC[®] mejora los valores de adhesión Lawson, Cakir, Beck, Ramp y Burgess (2012). Swift et al. (1995) aumentaron el tiempo de polimerización del material, dando un ciclo completo de luz en cada cara del material y obtuvieron mayores valores de fuerza de adhesión. Otra variable que influye en los valores es la forma de presentación del producto, el mezclado manual del polvo y el líquido podría afectar negativamente a la adhesión Forouzanmehr, Barekattain y Shahtalebi (2020), Rezvani et al. (2019) y Moradian et al. (2021).

Al analizar los modos de fractura en la interfase sustrato–CIVMR hemos observado que son mayoritariamente adhesivas, al igual que describieron Kunal Bhatia (2022), Imbery et al. (2013) y Poorzandpoush et al. (2019), tanto en restauraciones recientes como en envejecidas como (Rezvani et al., 2019).

A pesar de que la fuerza de adhesión no es elevada, clásicamente se ha afirmado respecto a los ionómeros que, las fracturas son cohesivas de material, como obtienen Nanavati et al. (2021) y Francois et al. (2019). En este último estudio mencionado obtuvieron como más frecuente el fallo cohesivo para los CIVMR, justificándolo por la porosidad dentro

del mismo cemento, pese a que en este trabajo se unía el CIVMR al diente mediante un adhesivo autograbante. Glasspoole et al. (2002) clasifican la mayoría de las fracturas como cohesivas y esto se debe a cómo realizan la clasificación de las mismas, donde no se menciona la opción de fallo mixto.

Manso et al. (2020) presentan los fallos mixtos en su trabajo y es debido a la clasificación de las fracturas que realizan. En el presente estudio se ha utilizado la clasificación de Burke et al. (2002), que define los fallos adhesivos (que acontecen entre la dentina y el CIV), cohesivos (cuando ocurren exclusivamente en el CIV o la dentina) o mixtos (el fallo adhesivo tuvo un modo mixto, incluyendo adhesivo y cohesivo en la misma superficie ensayada). De manera que a pesar de ser mayor de un 50 % el fallo adhesivo, o tener algo de cohesivo, ellos lo considerarían mixto, lo que explica las diferencias con los trabajos de Go et al. (2019) y Forouzanmehr et al. (2020).

Varios son los mecanismos que conducen a la liberación de fluoruro y otros iones desde los CIV. La difusión iónica causada por un adecuado contra-ión, como el sodio, o por intercambio de grupos hidroxilo con un fluido; la disolución del ionómero de vidrio en el medio donde se encuentre sumergido (agua, saliva, etc.) (Kosior et al., 2023); la hidrólisis, como consecuencia de la absorción de agua.

La liberación del fluoruro desde los CIV es beneficioso para disminuir la desmineralización y promover la formación de fluorhidroxiapatita, poco soluble. Esto ayudaría a reducir el riesgo de desmineralización dental debido a microfiltración bacteriana que conduciría a caries secundaria, principal causa de fracaso de las restauraciones con composite (Panpisut y Toneluck, 2020).

En el caso de los vidrios bioactivos se produce no solo la liberación de fluoruro, sino también de calcio y fósforo, necesarios para la formación de hidroxiapatita y fluorhidroxiapatita. Esta formación de apatita sería la diferencia fundamental entre un ionómero de vidrio y un vidrio bioactivo (Saunders, Mattevi, Donly, y Anthony, 2018).

Los CIVMR que mayor cantidad de fluoruro han liberado en nuestro trabajo fueron Vitremer® e Ionolux®, seguido de GC Fuji II LC®, Riva LC y ACTIVA BioACTIVE Restorative. En todos ellos se produjo un pico máximo a las 24 horas para pasar a una tasa de liberación menor, aunque mantenida hasta los 30 días de duración del estudio. ACTIVA BioACTIVE

Restorative fue el que tuvo una menor tasa de liberación diaria y acumulada de los 5 CIVMR estudiados.

Kosior et al. (2023), obtuvieron valores de liberación de fluoruro del Vitremer® similares a los nuestros y mayores que ACTIVA BioACTIVE Restorative y otras resinas.

Rifai et al. (2022), usando la misma metodología que nosotros, detectaron valores ligeramente superiores a las 24 horas e inferiores a los 7 y 14 días en ACTIVA BioACTIVE Restorative. También observaron valores similares en el estudio de (Vicente et al., 2021), en el que la liberación de fluoruro de los materiales que contienen vidrio bioactivo comenzó a disminuir en las primeras horas y se mantuvo constante o aumentó, dependiendo de la concentración del vidrio bioactivo en el material y de las características fisicoquímicas del medio (Vicente et al., 2021).

Riva LC presentó valores de liberación de fluoruro inferiores a todos los materiales estudiados excepto ACTIVA BioACTIVE Restorative. A las 24 horas presentó valores de 40ppm. Panpisut y Toneluck (2020), utilizando el mismo sensor, obtuvieron valores inferiores, 25.4ppm, a las 4 semanas 295.93ppm, mientras que a las 6 semanas 137ppm.

Los valores de liberación diaria de fluoruro para el GC Fuji II LC® son superiores a los obtenidos por Malekhoseini et al. (2021) usando un electrodo ión-sensible o Sainath Reddy et al. (2021), usando una metodología diferente, un fotómetro de espectro UV.

Los CIVMR, a excepción de ACTIVA BioACTIVE Restorative, tienen mayor deterioro debido a que son muy sensibles a la hidratación y continúan absorbiendo agua a lo largo del tiempo. La expansión higroscópica, que produce la hidratación de los CIV, podría ayudar potencialmente a compensar la contracción de polimerización y aliviar la tensión generada en la interfase diente-restauración, responsable de la formación de espacios y microfiltración bacteriana. La hidrofiliidad del polímero HEMA aumenta la absorción de agua y plastifica la matriz de resina, reduciendo así la resistencia de los materiales. Esto puede incrementar el riesgo de fractura de la restauración en las áreas de carga de los CIV, que es la causa principal del fracaso de las restauraciones en dichas áreas (Panpisut y Toneluck, 2020). Por ello, es esencial la utilización del Coat, que hace que disminuya la absorción de agua posterior a la colocación de la restauración y se reduzcan estas posibles complicaciones.

8. CONCLUSIONES

- **Objetivo 1:** A las 24 horas, en esmalte sano y desmineralizado ACTIVA BioACTIVE Restorative presentó los mejores valores de adhesión y en dentina todos los CIVMR se comportaron de forma similar.

A 1 mes en esmalte desmineralizado el mejor comportamiento en adhesión lo presentó ACTIVA BioACTIVE Restorative, en esmalte sano ACTIVA BioACTIVE Restorative, Riva LC y GC Fuji II LC® y en dentina, salvo GC Fuji II LC®, todos tuvieron un comportamiento similar.

A los 3 meses ACTIVA BioACTIVE Restorative siguió presentando los mejores valores de adhesión en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina.

Por lo tanto, en los tres tiempos y en los tres sustratos el material de elección para obtener una buena adhesión será el ACTIVA BioACTIVE Restorative.

- **Objetivo 2:** El envejecimiento de la restauración por el tiempo mejoró los valores de adhesión del ACTIVA BioACTIVE Restorative y no influyó en el resto de CIVMR.
- **Objetivo 3:** ACTIVA BioACTIVE Restorative Riva LC e Ionolux® presentaron menor adhesión en dentina que en esmalte normal y desmineralizado. Vitremer® presentó los mismos valores con independencia del sustrato y en el GC Fuji II LC® hay diferencias entre los tres sustratos.
- **Objetivo 4:** En esmalte sano y desmineralizado la adhesión fue mejorando con el paso del tiempo mientras que en la dentina no.
- **Objetivo 5:** La mayoría de las fracturas que se presentaron fueron adhesivas en todos los materiales, con independencia del material, sustrato y tiempo. Sin embargo, cuando hubo fracturas cohesivas de esmalte estas se asociaron al uso de ACTIVA BioACTIVE Restorative y cuando fueron cohesivas de material se asociaron al uso de ACTIVA BioACTIVE Restorative y Riva.

- **Objetivo 6:** ACTIVA BioACTIVE Restorative produce una interfase uniforme y firme con los 3 sustratos, el resto de CIVMR se observan interfaces con zonas despegadas y restos de material adherido a los sustratos.
- **Objetivo 7:** Todos los CIVMR liberaron fluoruro de manera continua, con un pico a las 24 horas. Vitremer® e Ionolux® liberaron mayor concentración a las 24h, 48h, 7, 14 y 30 días. Vitremer® produjo la mayor tasa acumulada durante los 30 días, e Ionolux® obtuvo las mayores tasas de liberación diaria mantenidas en el tiempo. ACTIVA BioACTIVE Restorative liberó una cantidad pequeña y mantenida de fluoruro.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alyahya, A., Khanum, A. & Qudeimat, M. Clinical assessment of class II resin-based composites versus preformed metal crowns performed on primary molars in patients at high risk of caries. *Eur Arch Paediatr Dent* 19, 39–45, <https://doi.org/10.1007/s40368-017-0322-8> (2018).
2. American Academy of Pediatric Dentistry. (2020). *Pediatric restorative dentistry. The reference manual of pediatric dentistry*, 2021, 371-83.
3. Banerjee, A., Splieth, C., Breschi, L., Fontana, M., Paris, S., Burrow, M., Crombie, F., Foster Page, L., Gatón-Hernández, P., Giacaman, R. A., Gugnani, N., Hickel, R., A. Jordan, R., Leal, S., Lo, E., Tassery, H., Thomson, W. M., Manton, D. J., & Schwendicke, F. (2020). When to intervene in the caries process? A Delphi consensus statement. *British Dental Journal*, 229(7), 474-482. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-2220-4>
4. Bonifácio, C. C., Hesse, D., De Oliveira Rocha, R., Bönecker, M., Raggio, D. P., & Van Amerongen, W. E. (2013). Survival rate of approximal-ART restorations using a two-layer technique for glass ionomer insertion. *Clinical Oral Investigations*, 17(7), 1745-1750. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0859-1>
5. Bordin-Aykroyd, S., Sefton, J., & Davies, E. H. (1992). In vitro bond strengths of three current dentin adhesives to primary and permanent teeth. *Dental Materials*, 8(2), 74-78. [https://doi.org/10.1016/0109-5641\(92\)90059-L](https://doi.org/10.1016/0109-5641(92)90059-L)
6. Burke, F. J. T., Shortall, A. C. C., Combe, E. C., & Aitchison, T. C. (2002). Assessing Restorative Dental Materials: 1. Test Methods and Assessment of Results. *Dental Update*, 29(4), 188-194. <https://doi.org/10.12968/denu.2002.29.4.188>

7. Chadwick, B. L., & Evans, D. J. P. (2007). Restoration of class II cavities in primary molar teeth with conventional and resin modified glass ionomer cements: A systematic review of the literature. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 8(1), 14-21. <https://doi.org/10.1007/BF03262565>
8. Chestnutt, I. G., Schafer, F., Jacobson, A. P. M., & Stephen, K. W. (1996). Incremental susceptibility of individual tooth surfaces to dental caries in Scottish adolescents. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 24(1), 11-16. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0528.1996.tb00804.x>
9. Chowdhary, N., & Reddy, SubbaV. V. (2010). Dentin comparison in primary and permanent molars under transmitted and polarised light microscopy: An in vitro study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 28(3), 167. <https://doi.org/10.4103/0970-4388.73793>
10. Cunningham, M. P., & Meiers, J. C. (1997). The effect of dentin disinfectants on shear bond strength of resin-modified glass-ionomer materials. *Quintessence International*, 28(8).
11. Cury, J. A., Ricomini-Filho, A. P., & Tabchoury, C. P. M. (2023). Chapter 5.1: Physicochemical Interactions between Enamel and Oral Fluids. En J. C. Carvalho (Ed.), *Monographs in Oral Science* (Vol. 31, pp. 50-61). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000530559>
12. Da FRANCA, C., Colares, V., & Van AMERONGEN, E. (2011). Two-year evaluation of the atraumatic restorative treatment approach in primary molars class I and II restorations: Evaluation of the atraumatic treatment. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 21(4), 249-253. <https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2011.01125.x>
13. Da Silva Telles, P. D., Machado, M. A. A. M., & Nor, J. E. (2001). SEM study of a self-etching primer adhesive system used for dentin bonding in primary and permanent teeth. *Pediatric Dentistry*, 23(4), 315-320.
14. Davidson CL. Avances en cementos de ionómero de vidrio. *J Minim Interv Dent* [revista en internet]. 2009 [citado 26 de junio 2016]; (2)1: 171-82. Disponible en: <http://www.miseeq.com/s-2-1-2.pdf>.
15. de Lima Navarro, M. F., Pascotto, R. C., Borges, A. F. S., Soares, C. J., Raggio, D. P., Rios, D., Bresciani, E., Molina, G. F., Ngo, H. C., Miletić, I., Frencken, J., Wang, L., Menezes-Silva, R., Puppin-Rontani, R. M., de Carvalho, R. M., Gurgan, S., Leal, S. C., Tüzüner, T., Fagundes, T. C., ... Sidhu, S. K. (2021). Consensus on glass-ionomer cement

- thresholds for restorative indications. *Journal of Dentistry*, 107, 103609. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103609>
16. Dhillon, A., Nair, M., & Kumar, D. (2016). Analytical methods for determination and sensing of fluoride in biotic and abiotic sources: A review. *Analytical Methods*, 8(27), 5338-5352. <https://doi.org/10.1039/C6AY01534D>
17. Feigal, R. J. (2001). Guiding and Managing the Child Dental Patient: A Fresh Look at Old Pedagogy. *Journal of Dental Education*, 65(12), 1369-1377. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2001.65.12.tb03496.x>
18. Ferracane, J. L. (2006). Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. *Dental Materials*, 22(3), 211-222. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.005>
19. Forouzanmehr, M., Barekatin, M., & Shahtalebi, M. A. (2020). Strength of resin-modified glass-ionomer cement containing purified. *Dental Research Journal*, 17(5).
20. Francois, P., Vennat, E., Le Goff, S., Ruscassier, N., Attal, J.-P., & Dursun, E. (2019). Shear bond strength and interface analysis between a resin composite and a recent high-viscous glass ionomer cement bonded with various adhesive systems. *Clinical Oral Investigations*, 23(6), 2599-2608. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2678-5>
21. Fritz, U. B., iinger, W. J., & Uno, S. (1996). Resin-modified glass ionomer cements: Bonding to enamel and dentin. *Dental Materials*, 12(3), 161-166. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(96\)80015-7](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(96)80015-7)
22. Glasspoole, E. A., Erickson, R. L., & Davidson, C. L. (2002). Effect of surface treatments on the bond strength of glass ionomers to enamel. *Dental Materials*, 18(6), 454-462. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(01\)00068-9](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(01)00068-9)
23. Go, H., Park, H., Lee, J., & Seo, H. (2019). Effect of Saliva Contamination Stage and Different Decontamination Procedures on Bonding Strength of Resin-Modified Glass Ionomer. *The Journal of the Korean Academy of Pediatric Dentistry*, 46(2), 158-164. <https://doi.org/10.5933/JKAPD.2019.46.2.158>
24. Harahap, K. I., Rahmi, H., & Winni, M. (2022). Effect of Hydroxyapatite Synthesized from Tilapia Fish Scale Waste on the Shear Bond Strength of GIC and RMGIC to Enamel Layer (In Vitro Study). *Materials Science Forum*, 1069, 135-143. <https://doi.org/10.4028/p-i3ag7g>
25. Hesse, D., Bonifácio, C. C., Guglielmi, C. D. A. B., Bönecker, M., Van Amerongen, W. E., & Raggio, D. P. (2016). Bilayer technique and nano-filled coating increase success of approximal ART restorations: A randomized clinical trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 26(3), 231-239. <https://doi.org/10.1111/ipd.12194>

26. Imbery, T., Namboodiri, A., Duncan, A., Amos, R., Best, A., & Moon, P. (2013). Evaluating Dentin Surface Treatments for Resin-Modified Glass Ionomer Restorative Materials. *Operative Dentistry*, 38(4), 429-438. <https://doi.org/10.2341/12-162-L>
27. International Organization for Standardization. ISO TS 11405. Dental materials guidance on testing of adhesion to tooth structure. Geneva: Switzerland; 2015. (s. f.).
28. Jain, N., Dutt, U., Radenkov, I., & Jain, S. (2024). WHO 's global oral health status report 2022: Actions, discussion and implementation. *Oral Diseases*, 30(2), 73-79. <https://doi.org/10.1111/odi.14516>
29. Khoroushi, M., Hosseini-Shirazi, M., & Soleimani, H. (2013). Effect of acid pre-conditioning and/or delayed light irradiation on. *Dental Research Journal*, 10(3).
30. Kosior, P., Klimas, S., Nikodem, A., Wolicka, J., Diakowska, D., Watras, A., Wiglusz, R. J., & Dobrzyński, M. (2023). An in vitro examination of fluoride ions release from selected materials—Resin-modified glass-ionomer cement (Vitremer) and nanohybrid composite material (TetricEvoCeram). *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 25(1). <https://doi.org/10.37190/ABB-02251-2023-01>
31. Krifka, S., Börzsönyi, A., Koch, A., Hiller, K.-A., Schmalz, G., & Friedl, K.-H. (2008). Bond strength of adhesive systems to dentin and enamel—Human vs. Bovine primary teeth in vitro. *Dental Materials*, 24(7), 888-894. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2007.11.003>
32. Kunal Bhatia. (2022). Comparative evaluation of a bioactive restorative material with resin modified glass ionomer for calcium-ion release and shear bond strength to dentin of primary teeth—An in vitro study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 46(6), 25. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2022.022>
33. Lawson, N., Cakir, D., Beck, P., Ramp, L., & Burgess, J. (2012). Effect of Light Activation on Resin-modified Glass Ionomer Shear Bond Strength. *Operative Dentistry*, 37(4), 380-385. <https://doi.org/10.2341/11-212-L>
34. Leloup, G., D'Hoore, W., Bouter, D., Degrange, M., & Vreven, J. (2001). Concise Review Biomaterials & Bioengineering: Meta-analytical Review of Factors Involved in Dentin Adherence. *Journal of Dental Research*, 80(7), 1605-1614. <https://doi.org/10.1177/00220345010800070301>
35. Leme, A. F. P., Koo, H., Bellato, C. M., Bedi, G., & Cury, J. A. (2006). The Role of Sucrose in Cariogenic Dental Biofilm Formation—New Insight. *Journal of Dental Research*, 85(10), 878-887. <https://doi.org/10.1177/154405910608501002>

36. Machiulskiene, V., Campus, G., Carvalho, J. C., Dige, I., Ekstrand, K. R., Jablonski-Momeni, A., Maltz, M., Manton, D. J., Martignon, S., Martinez-Mier, E. A., Pitts, N. B., Schulte, A. G., Splieth, C. H., Tenuta, L. M. A., Ferreira Zandona, A., & Nyvad, B. (2020). Terminology of Dental Caries and Dental Caries Management: Consensus Report of a Workshop Organized by ORCA and Cariology Research Group of IADR. *Caries Research*, 54(1), 7-14. <https://doi.org/10.1159/000503309>
37. Malekhoseini, Z., Rezvani, M. B., Niakan, M., Atai, M., Bassir, M. M., Alizade, H. S., & Siabani, S. (2021). Effect of zinc oxide nanoparticles on physical and antimicrobial. *Dental Research Journal*.
38. Manso, A. P., Chander, K., Campbell, K. M., Palma-Dibb, R. G., & Carvalho, R. M. (2020). Effects of aging on shear bond strength to dentin and mechanical properties of restorative glass ionomer cements. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 102, 102693. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2020.102693>
39. Martignon, S., Pitts, N. B., Goffin, G., Mazevet, M., Douglas, G. V. A., Newton, J. T., Twetman, S., Deery, C., Doméjean, S., Jablonski-Momeni, A., Banerjee, A., Kolker, J., Ricketts, D., & Santamaria, R. M. (2019). CariesCare practice guide: Consensus on evidence into practice. *British Dental Journal*, 227(5), 353-362. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0678-8>
40. Mauro, S. J., Sundfeld, R. H., Brendan-Russo, A. K. B., & Braga Briso, A. L. F. (2009). Fuerza de adhesión del ionómero de vidrio modificado por resina a la dentina: el efecto del tratamiento de superficie dentinal. *J Minim Interv Dent*, 2(1), 215-223.
41. Mendonça, B. C., Rueggeberg, F., Braga, R. R., Soto, J., Sebold, M., Ambrosano, G. M. B., & Giannini, M. (2018). Physical and adhesion properties of bulk-fill composites. *Dental Materials*, 34, e33-e34. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.08.070>
42. Michou, S., Larsen, L., Benetti, A. R., & Peutzfeldt, A. (2018). Adhesion and marginal integrity of bioactive restorative materials. *Dental Materials*, 34, e11. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.08.024>
43. Moradian, M., Jafarpour, D., Saadat, M., & Tahmasebi, F. (2021). The effect of bacterial cellulose nanocrystals on the shear bond strength of resin modified glass ionomer cement to dentin. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e784-e788. <https://doi.org/10.4317/jced.58153>
44. Murdoch-Kinch, C. A., & McLEAN, M. E. (2003). Minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*, 134(1), 87-95. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0021>

45. Nakamichi, I., Iwaku, M., & Fusayama, T. (1983). Bovine Teeth as Possible Substitutes in the Adhesion Test. *Journal of Dental Research*, 62(10), 1076-1081. <https://doi.org/10.1177/00220345830620101501>
46. Nanavati, K., Katge, F., Chimata, V., Pradhan, D., Kamble, A., & Patil, D. (2021). Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Bioactive Restorative Material, Zirconia Reinforced Glass Ionomer Cement and Conventional Glass Ionomer Cement to the Dentinal Surface of Primary Molars: An in vitro Study. *Journal of Dentistry*, 22(4). <https://doi.org/10.30476/dentjods.2021.87115.1230>
47. Ngo, H., & Opsahl-Vital, S. (2014). Minimal intervention dentistry II: Part 7. Minimal intervention in cariology: the role of glass-ionomer cements in the preservation of tooth structures against caries. *British Dental Journal*, 216(10), 561-565. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.398>
48. Nijhawan, C., Jasuja, P., Sharma, A., Khurana, H., & Gakhar, E. (2019). Comparative evaluation of shear bond strength of a traditional composite and ACTIVA BioACTIVE after enamel preparation with Er:YAG laser and conventional acid etching: An in vitro study. *Journal of Dental Lasers*, 13(2), 44. https://doi.org/10.4103/jdl.jdl_3_19
49. Oesterle, L. J., Shellhart, W. C., & Belanger, G. K. (1998). The use of bovine enamel in bonding studies. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(5), 514-519. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70171-4](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70171-4)
50. Okuda, M., Pereira, P., Nakajima, M., Tagami, J., & Pashley, D. H. (2002). Long-term durability of resin dentin interface: nanoleakage vs microtensile bond strength. *Operative Dentistry*, 27(3), 289-296.
51. Ortiz-Ruiz, A. J., Pérez-Guzmán, N., Rubio-Aparicio, M., & Sánchez-Meca, J. (2020). Success rate of proximal tooth-coloured direct restorations in primary teeth at 24 months: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 6409. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63497-4>
52. Ortiz-Ruiz, A. J., Teruel-Fernández, J. D. D., Alcolea-Rubio, L. A., Hernández-Fernández, A., Martínez-Beneyto, Y., & Gispert-Guirado, F. (2018). Structural differences in enamel and dentin in human, bovine, porcine, and ovine teeth. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 218, 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2017.12.012>
53. Ortiz -Ruiz, A. J., Martínez Marco, F. J., Pérez Silva, A., Serna Muñoz, C., Cabello, I., & Banerjee, A. (2021). Influence of fluoride varnish application on enamel adhesion of a universal adhesive. *J Adhes Dent* 2021; 23: 47-56. Doi: 10.3290/j.jad.b916831

54. Panahandeh, N., Adinehlou, F., Sheikh-Al-Eslamian, S. M., & Torabzadeh, H. (2021). Extract of Propolis on Resin-Modified Glass Ionomer Cement: Effect on Mechanical and Antimicrobial Properties and Dentin Bonding Strength. *International Journal of Biomaterials*, 2021, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2021/5597837>
55. Panpisut, P., & Toneluck, A. (2020). Monomer conversion, dimensional stability, biaxial flexural strength, and fluoride release of resin-based restorative material containing alkaline fillers. *Dental Materials Journal*, 39(4), 608-615. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-020>
56. Pérez, M. B., Silla, J. M. A., Díaz, E. C., Peidró, E. C., Martincorena, F. C., Delgado, A. E., ... & Casas, M. T. (2020). Encuesta de Salud Oral en España 2020. RCOE: Revista del Ilustre Consejo General de Colegios de Odontólogos y Estomatólogos de España, 25(4), 12-69.
57. Phonghanyudh, A., Theerareungchaisri, C., & Jirarattanasopa, V. (2014). Clinical evaluation of class II high-viscosity glass ionomer cement and composite resin restorations in primary molars: One year result. 34(2), 8.
58. Poorzandpoush, K., Shahrabi, M., Heidari, A., & Sadat Hosseinipour, Z. (2019). Shear Bond Strength of Self-Adhesive Flowable Composite, Conventional Flowable Composite and Resin-Modified Glass Ionomer Cement to Primary Dentin. *Frontiers in Dentistry*, 16(1),62. <https://doi.org/10.18502/fid.v16i1.1111>
59. Rezvani, M. B., Atai, M., Safar Alizade, H., Mohammadi Basir, M., Koohepeima, F., & Siabani, S. (2019). The Effect of Incorporation of 0.5 %wt. Silica Nanoparticles on the Micro Shear Bond Strength of a Resin Modified Glass Ionomer Cement. *Journal of Dentistry*, 20(2). <https://doi.org/10.30476/dentjods.2019.44923>
60. Rifai, H., Qasim, S., Mahdi, S., Lambert, M., Zarazir, R., Amenta, F., Naim, S., & Mehanna, C. (2022). In-vitro evaluation of the shear bond strength and fluoride release of a new bioactive dental composite material. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, e55-e63. <https://doi.org/10.4317/jced.58966>
61. Sainath Reddy, Th., Venkatesh, Kv., & Mani, R. (2021). Comparative evaluation of three different glass ionomer cements. *Indian Journal of Dental Research*, 32(4), 485. https://doi.org/10.4103/ijdr.ijdr_603_21
62. Santamaría, R. M., Abudrya, M. H., Gül, G., Mourad, M. S., Gomez, G. F., & Zandona, A. G. F. (2020). How to Intervene in the Caries Process: Dentin Caries in Primary Teeth. *Caries Research*, 54(4), 306-323. <https://doi.org/10.1159/000508899>

63. Saunders, K., Mattevi, G., Donly, K., & Anthony, R. (2018). Enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets bonded with Activa BioActive-Restorative. *Apos Trends in Orthodontics*, 8(4), 200-200.8(4);200-203 doi: 10.4103/apos.apos_48_18
64. Schmoeckel, J., Gorseta, K., Splieth, C. H., & Juric, H. (2020). How to Intervene in the Caries Process: Early Childhood Caries – A Systematic Review. *Caries Research*, 54(2), 102-112. <https://doi.org/10.1159/000504335>
65. Schwendicke, F., Splieth, C., Breschi, L., Banerjee, A., Fontana, M., Paris, S., Burrow, M. F., Crombie, F., Page, L. F., Gatón-Hernández, P., Giacaman, R., Gugnani, N., Hickel, R., Jordan, R. A., Leal, S., Lo, E., Tassery, H., Thomson, W. M., & Manton, D. J. (2019). When to intervene in the caries process? An expert Delphi consensus statement. *Clinical Oral Investigations*, 23(10), 3691-3703. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03058-w>
66. Schwendicke, F., Splieth, C. H., Bottenberg, P., Breschi, L., Campus, G., Doméjean, S., Ekstrand, K., Giacaman, R. A., Haak, R., Hannig, M., Hickel, R., Juric, H., Lussi, A., Machiulskiene, V., Manton, D., Jablonski-Momeni, A., Opdam, N., Paris, S., Santamaria, R., ... Banerjee, A. (2020). How to intervene in the caries process in adults: Proximal and secondary caries? An EFCD-ORCA-DGZ expert Delphi consensus statement. *Clinical Oral Investigations*, 24(9), 3315-3321. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03431-0>
67. Solanki, Y. S., Agarwal, M., Gupta, A. B., Gupta, S., & Shukla, P. (2022). Fluoride occurrences, health problems, detection, and remediation methods for drinking water: A comprehensive review. *Science of The Total Environment*, 807, 150601. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150601>
68. Splieth, C. H., Banerjee, A., Bottenberg, P., Breschi, L., Campus, G., Ekstrand, K. R., Giacaman, R. A., Haak, R., Hannig, M., Hickel, R., Juric, H., Lussi, A., Machiulskiene, V., Manton, D. J., Jablonski-Momeni, A., Opdam, N. J. M., Paris, S., Santamaría, R. M.,
69. Schwendicke, F., ... Doméjean, S. (2020). How to Intervene in the Caries Process in Children: A Joint ORCA and EFCD Expert Delphi Consensus Statement. *Caries Research*, 54(4), 297-305. <https://doi.org/10.1159/000507692>
70. Splieth, C. H., Kanzow, P., Wiegand, A., Schmoeckel, J., & Jablonski-Momeni, A. (2020). How to intervene in the caries process: Proximal caries in adolescents and adults—a systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 24(5), 1623-1636. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03201-y>

71. Swift, E. J., Pawlus, M. A., & Vargas, M. A. (1995). Shear bond strengths of resin-modified glass-ionomer restorative materials. *Operative Dentistry*, 20, 138-138.
72. Tam, L. E., Dev, S., & Pilliar, R. M. (1995). Fracture toughness of conventional or photopolymerized glass ionomer/dentin interfaces. *Operative Dentistry*, 20, 144-144.
73. Townsend, J. A., & Wells, M. H. (2019). Behavior Guidance of the Pediatric Dental Patient. En *Pediatric Dentistry* (pp. 352-370.e2). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-60826-8.00024-9>
74. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., ... & Vanherle, G. (2003). Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University of Washington*, 28(3), 215-235.
75. Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials*, 26(2), e100-e121. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148>
76. Varpio, M. (1985). Proximoclusal composite restorations in primary molars: a six-year follow-up. *ASDC Journal of Dentistry for Children*, 52(6), 435-440.
77. Vicente, A., Ortiz Ruiz, A. J., González Paz, B. M., García López, J., & Bravo-González, L.-A. (2017). Efficacy of fluoride varnishes for preventing enamel demineralization after interproximal enamel reduction. Qualitative and quantitative evaluation. *PLOS ONE*, 12(4), e0176389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176389>
78. Vicente, A., Rodríguez-Lozano, F. J., Martínez-Beneyto, Y., Jaimez, M., Guerrero-Gironés, J., & Ortiz-Ruiz, A. J. (2021). Biophysical and Fluoride Release Properties of a Resin Modified Glass Ionomer Cement Enriched with Bioactive Glasses. *Symmetry*, 13(3), 494. <https://doi.org/10.3390/sym13030494>
79. Wiegand, A., Buchalla, W., & Attin, T. (2007). Review on fluoride-releasing restorative materials—Fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dental Materials*, 23(3), 343-362. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.01.022>
80. Yassen, G. H., Platt, J. A., & Hara, A. T. (2011). Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: A review of literature. *Journal of Oral Science*, 53(3), 273-282. <https://doi.org/10.2334/josnusd.53.273>

10. ANEXOS

10.1 Informe del Comité de Bioseguridad en Experimentación

UNIVERSIDAD DE MURCIA | Vicerectorado de Investigación y Transferencia | CBE Comité de Bioseguridad en Experimentación | CAMPUS MARE NOSTRUM

INFORME DEL COMITÉ DE BIOSEGURIDAD EN EXPERIMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA

Lucía Periago García, Jefa de Sección de Recursos Humanos de la Investigación y del Plan Propio y en funciones de Secretaria del Comité de Bioseguridad en Experimentación de la Universidad de Murcia

CERTIFICA:

Que D. Antonio José Ortiz Ruiz presentó la memoria de trabajo el Proyecto de Investigación titulado *"Adhesión de ionómeros de vidrio modificados con resina a esmalte y dentina bovinas"*, al Comité de Bioseguridad en Experimentación.

Que dicho Comité analizó toda la documentación presentada, y de conformidad con lo acordado el día treinta de mayo de dos mil diecinueve¹, por unanimidad, se emite **INFORME FAVORABLE**, desde el punto de vista ético de la bioseguridad en la investigación.

Y para que conste y tenga los efectos que correspondan, firmo esta certificación, con el visto bueno del Presidente de la Comisión.

Vº Bº
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ DE BIOSEGURIDAD EN EXPERIMENTACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE MURCIA

Fdo.: Francisco Esquembre Martínez

ID: CBE 198/2019

¹ A los efectos de lo establecido en el art. 19.5 de la Ley 40/2015 de 1 de octubre de Régimen Jurídico del Sector Público (B.O.E. 02-10), se advierte que el acta de la sesión citada está pendiente de aprobación

Código seguro de verificación: RUXFMozk-EJJe1DK/-F/qZSE1a-QIV9ET4w | COPIA ELECTRÓNICA - Página 1 de 1

Nota: es una copia autogenerada (no fiable) de un documento administrativo electrónico archivado por la Universidad de Murcia, según el artículo 27.8 c) de la Ley 38/2015, de 1 de octubre. Su autenticidad puede ser contrastada a través de la siguiente dirección: <https://sede.u-murcia.es/>

Listado de Figuras:

Figura 1. Dinamismo al que se somete la estructura mineral del esmalte en el medio bucal

Figura 2. Diagrama de la distribución de las muestras en los grupos experimentales

Figura 3. Fractura cohesiva de esmalte (Ionolux[®], esmalte sano, 1 mes)

Figura 4. Fractura cohesiva de material (ACTIVA BioACTIVE Restorative, dentina sana, 3 meses).

Figura 5. Fractura adhesiva (Riva LC, esmalte desmineralizado, 24 horas)

Figura 6. Fractura mixta (GC Fuji II LC[®], esmalte normal, 3 meses)

Figura 7. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a las 24 horas

Figura 8. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a las 24 horas

Figura 9. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina sana a las 24 horas

Figura 10. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a 1 mes

Figura 11. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a 1 mes

Figura 12. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina sana a 1 mes

Figura 13. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano a los 3 meses

Figura 14. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte desmineralizado a los 3 meses

Figura 15. Resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en dentina a los 3 meses

- Figura 16.** Análisis factorial sustrato vs. tiempo
- Figura 17.** Análisis factorial sustrato vs. material
- Figura 18.** Análisis factorial tiempo vs. material
- Figura 19.** Esmalte Sano, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 3 meses
- Figura 20.** Esmalte Sano, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 1 mes
- Figura 21.** Esmalte Sano, Vitremer[®], 24 horas
- Figura 22.** Esmalte Sano, Riva LC, 3 meses
- Figura 23.** Esmalte Sano, Ionolux[®], 3 meses
- Figura 24.** Esmalte Sano, GC Fuji II LC[®], 3 meses
- Figura 25:** Esmalte desmineralizado, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 1 mes
- Figura 26.** Esmalte Desmineralizado, GC Fuji II LC[®], 3 meses
- Figura 27.** Esmalte Desmineralizado, Riva LC, 1 mes
- Figura 28:** Esmalte desmineralizado, Ionolux, 24h
- Figura 29.** Esmalte Desmineralizado, Vitremer[®], 24 horas
- Figura 30.** Dentina, ACTIVA BioACTIVE Restorative, 24 horas
- Figura 31.** Dentina sana, Ionolux[®], 3 meses
- Figura 32.** Dentina sana, Riva LC, 1 mes
- Figura 33.** Dentina sana, Vitremer[®], 24h
- Figura 34.** Dentina sana, GC Fuji II LC[®], 24 horas
- Figura 35.** Liberación acumulada de flúor de cada material
- Figura 36.** Liberación acumulada de flúor a lo largo del tiempo
- Figura 37.** Liberación de flúor diaria de cada material
- Figura 38.** Liberación de flúor diaria a lo largo del tiempo

Listado de tablas:

Tabla 1. Composición de los materiales según la hoja de seguridad publicada por los fabricantes

Tabla 2. Fallos pre-test

Tabla 3. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana a las 24 horas

87

Tabla 4. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana a 1 mes

Tabla 5. Valores de resistencia a las fuerzas de cizalla de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana a 3 meses

Tabla 6. Tipos de fracturas de los ionómeros de vidrio en esmalte sano, esmalte desmineralizado y dentina sana

Tabla 7. Tasa de liberación acumulada de fluoruro

Tabla 8. Tasa de liberación de fluoruro diaria